E 2039

MW

1

REFERÁLVA

VOLUMUL XXXI
BUCUREŞTI
IANUARIE 1983

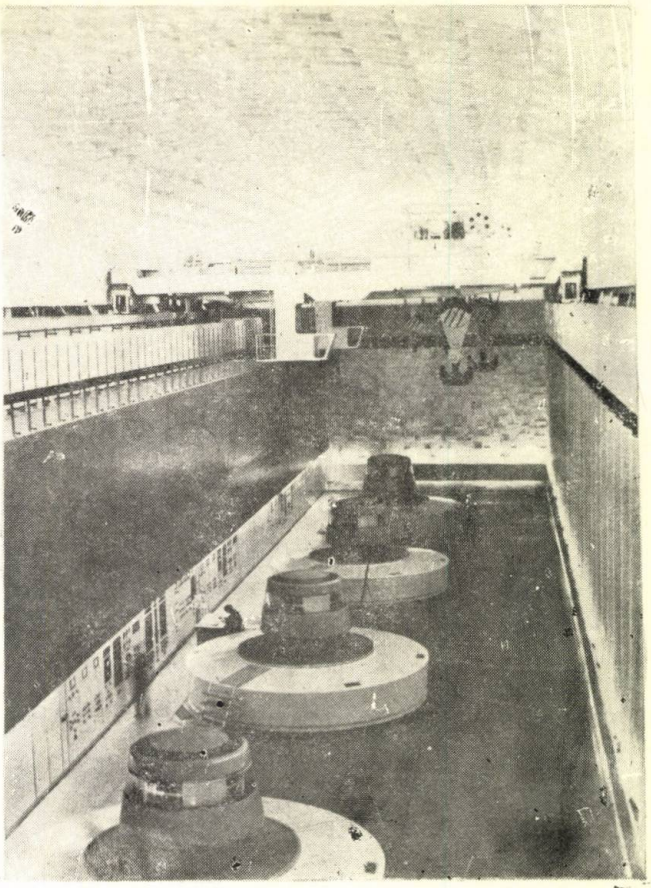
energetica

0 6 12 18 24

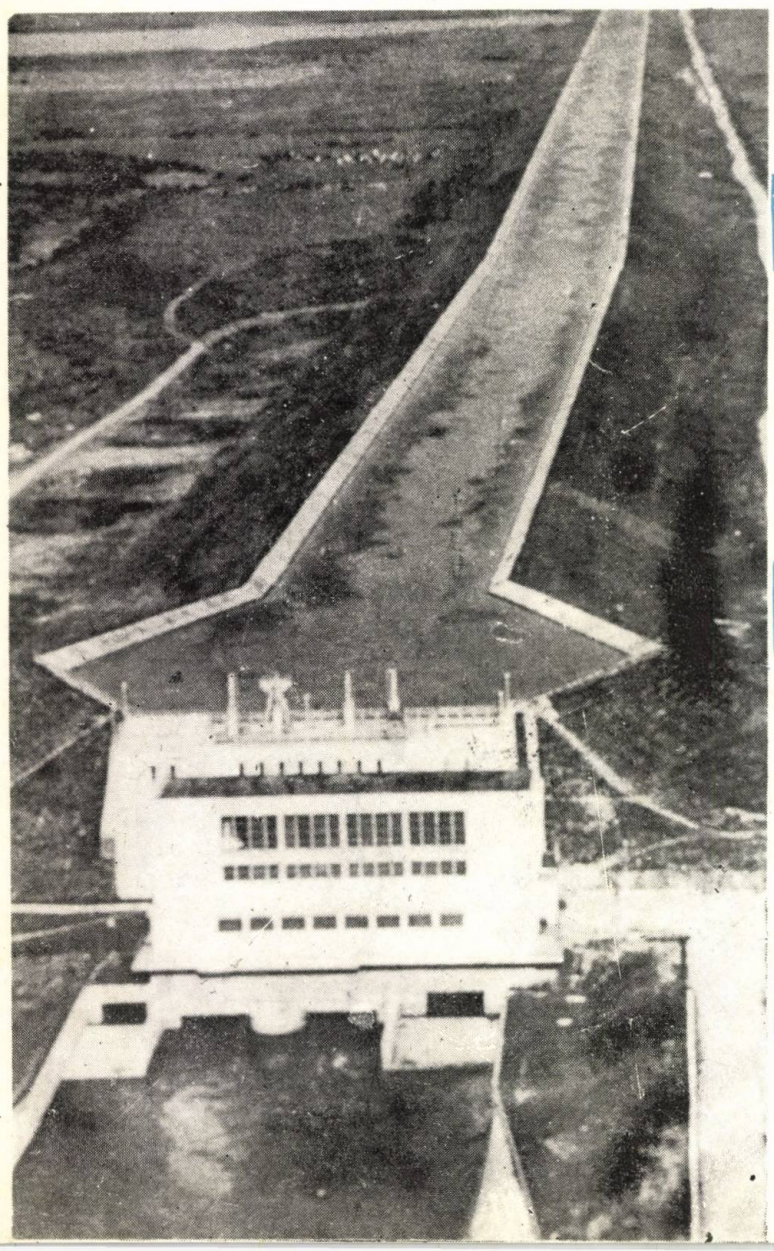
I.S.P.H.

INSTITUTUL DE STUDII ŞI

PROIECTĂRI HIDROENERGETICE



ISPH-Designing Institute with complex profile offers :



RIVER BASIN DEVELOPMENT STUDIES

- hydroelectric developments
- multipurpose hydraulic developments
- special hydraulic structures

SPECIAL ACTIVITIES

- hydrological and hydrogeological studies
- engineering-geological investigations
- geotechnical and geophysical explorations, soil and rock mechanic investigations
- topographical surveys and mapping

SPECIAL SERVICES

- preliminary studies and designs
- feasibility studies
- final designs
- detailed construction drawings
- tender documents and contracts
- inspection and supervision
- expert's reports

29, Republicii Blvd., 79669 Bucharest,
Romania,
Phone 147270, Telex 11-443 i. s. p. h. r.

ENERGETICA

ORGAN AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ŞI AL CONSILIULUI NAŢIONAL AL INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN REPUBLICA SOCIALISTĂ ROMÂNIA

SUB ÎNDRUMAREA CONSILIULUI ŞTIINŢIFIC AL INSTITUTULUI CENTRAL DE CERCETĂRI ENERGETICE

ANUL 31 — 1 — IANUARIE 1983

COLEGIUL DE REDACŢIE

Dr ing. **Gh. Bălan** (redactor responsabil adjunct)
Ing. **P. Cartianu**
Ing. **M. M. Dănelă**
Ing. **H. Furtuneseu**
Ing. **N. Georgian**
Dr. ing. **Gh. Luca**
Dr. chim. **Maria Maftei**
Dr. ing. **G. Manolescu**
Ing. **B. Marcu**
Dr. ing. **A. Măeriş**
Ing. **I. Mălereanu** (redactor responsabil adjunct)
Dr. ing. **Călin Mihăileanu** (redactor responsabil)
Prof. dr. doc. ing. **V. I. Nitu**
Dr. ing. **E. Pavel**
Dr. ing. **T. Popa**
Dr. ing. **C. I. Staicu** (secretar redacţie)

Revista „Energetica" este publicaţie lunară devotată preocupărilor spirituale şi realizărilor materiale în domeniul energeticii

Redacţia şi administraţia: Bucureşti 74568. Bd. Energeticienilor 8, Sector 3,
Telefon: 20 67 30, 21 46 30

Cuprinsul

ARTICOLE

C.C. Neaga

Mărirea stabilităţii arderii prafului de lignit din bazinul Olteniei pregătit în instalaţie cu insuflare directă cu ajutorul concentratorului de praf 5—11

M. Nemeş, I. Besoiu şi C. Ivaşcu

Optimizarea rezistenţei de limitare în reţelele cu neutrul tratat prin rezistor 11—16

N. Máthé

Modificarea spectrului de frecvenţe propriI ale bobinelor datorită defectului în izolaţia longitudinală 16—19

E. Putnoky

Evenimentele produse în instalaţiile IRE Timişoara ca urmare a furtunii din 27 iunie 1982 20—26

M.V. Stoica

Optimizarea bicriterială a proceselor de conversie ciclică a energiei (cu prezentare în limba engleză) 27—35

C.I. Staicu, C. Bilegan, Al. Mihăilă şi A. Predica

Stocarea termică sezonieră 35—39

D. Tatu şi M. Mangu

Betoane pentru lucrări hidrotehnice puse în operă prin pompaj 40—43

INVENŢII-INOVAŢII 43—44

CRONICA 45—46

RECENZII 46—47

PUBLICAŢII RECENTE 47—48

DIN SUMARUL REVISTELOR 49

Revista „Energetica" este editată cu concursul permanent dat de :

chim. **Eleonora Ataman**
dr. ing. **J. Constantinescu**
ec. **Ana Dobre**
ing. **T. Dragomir**
ing. **Angela Perea**
dr. ing. **M. Pomârleanu**
dr. ing. **Gh. Popa**
ing. **A. Roşu**
ing. **V. Rugină**
ing. **I. Turcu**

În revista ENERGETICA se publică :

Articole

Informaţii referitoare la : publicaţii recente (cărţi, reviste), noutăţi ştiinţifice şi tehnice, invenţii şi inovaţii, experienţă de exploatare, realizări tehnice remarcabile, manifestări tehnico-ştiinţifice naţionale şi internaţionale (congrese, conferinţe, simpozioane), titluri de articole de specialitate din alte reviste.

Materiale diverse : cronici, recenzii, discuţii la articolele publicate, puncte de vedere ale autorilor, concluziile discuţiilor în jurul meselor rotunde.

Revista ENERGETICA este editată şi administrată de Institutul de cercetări şi modernizări energetice — ICEMENERG.

M. David — şeful Oficiului de informare documentară pentru energetică

Instituţiile pot achita abonamentele în contul de virament nr. 30.11.8.01.01 — BN R.S.R. Fil. sect. 3. Costul unui abonament : 144 lei anual ; costul unui exemplar : 12 lei.

Cititorii din străinătate se pot abona la ILEXIM, Departamentul Export-Import Presă, P.O. Box 136—137, telex : 11226, Bucureşti, str. 30 Decembrie, nr. 3.

Tiparul : Intreprinderea poligrafică „Informaţia", Bucureşti, str. Brezoianu 23—25, c 2259.

Taxele poştale achitate conform aprobării D.G.P.Tc. nr.

41 014

REVISTA ENERGETICA A ÎMPLINIT TREI DECENII DE APARIŢIE NEÎNTRERUPTĂ. ACEASTĂ PERIOADĂ CORESPUNDE UNEI IMPETUOASE DEZVOLTĂRI ENERGETICE A ŢĂRII. INTENŢIONĂM SĂ PUBLICĂM ÎNTR-UN NUMĂR VIITOR O PRIVIRE RETROSPECTIVĂ ŞI PUNCTE DE VEDERE PRIVIND ACTIVITATEA REVISTEI ÎN NOUA ETAPĂ CE URMEAZĂ.

СОДЕРЖАНИЕ

К. К. Няга: **Увеличение устойчивости сжигания лигнитной пыли из бассейна Олтении, приготовленной в установках прямого вдувания, с помощью уловителя (концентратора) угольной пыли.** 5—11

М. Немеш, И. Бесою и К. Ивашку: **Улучшение ограничивающего сопротивления в сетях с заземлённой резистором нейтралью.** 11—16

Б. Мате: **Изменение спектра собственных частот катушек, из-за неисправности продольной изоляции.** 16—19

Е. Путноки: **Происшедшие в установках ПРС «ТИМИШОАРА» события, вследствие грозы из 27-ого июня 1982 г.** 20—26

М. В. Стойка: **Двухкритериальная оптимизация процессов циклической конверсии энергии.** 27—35

К. И. Стаику К. Билеган, Ал. Михэйлэ и А. Предика: **Сезонное аккумулирование тепла.** 35—39

Д. Тату и М. Мангу: **Бетоны для гидротехнических работ введенные посрусовом накагивание** 40—43

ИЗОБРЕТЕНИЯ 43—44
ХРОНИКА 45—46
РЕЦЕНЗИИ 46—47
НОВЫЕ ИЗДАННЫЕ МАТЕРИАЛЫ 47—48
ИЗ СОДЕРЖАНИЯ ЖУРНАЛОВ 49

INHALTSVERZEICHNIS

C.C. Neaga: **Die Erhöhung der Brennbeständigkeit des Braunkohlenstaubes aus Oltenien und dessen Herstellung in Anlagen mit Direkteinblasung und mit Staubkonzentrator** 5—11

M. Nemeş, I. Besoiu und C. Ivaşcu: **Die Optimierung des Begrenzungswiderstandes in Netzen mit Widerständen beim Nulleiter** 11—16

B. Máthé: **Die Änderung des Eigenfrequenzspektrums der Spulen durch Fehler in der Längsisolation** 16—19

V. Putnoky: **Die vom Sturm vom 27. Juni 1982 in dem Netzbetrieb Timişoara ausgelösten Ereignisse** 20—26

M. V. Stoica: **Die bikriteriale Optimierung der zyklischen Energieumwandlungsprozessen** 27—35

C.I. Staicu, C. Bilegan, Al. Mihăilă und A. Predica: **Die jahreszeitbedingte Wärmespeicherung** 35—39

D. Tatu und M. Mangu: **Betonarten für Wasserhrafthauten durch Pumpenarbeit** 40—43

ERFINDUNGEN-ERNEUERUNGEN 43—44
CHRONIK 45—46
REZENSIONEN 46—47
NEUERSCHEINUNGEN 47—48
AUS DEM INHALT ANDERER ZEITSCHRIFTEN 49

SOMMAIRE

C.C. Neaga: **La hausse de la stabilité du combustion du lignit en poussière du Bassin d'Olténie preparé dans une installation à insufflation directe, à l'aide d'un concentrateur de poussière** 5—11

N. Nemeş, I. Besoiu et C. Ivaşcu: **Optimisation de la résistanee de limitation dans les réseaux à neutre traité par résisteur** 11—16

B. Máthé: **Modification du spectre des fréquences caracteristiques des bobines, dû au défaut d'une isolation longitudinale** 16—19

E. Putnoky: **Les consèquences de la tempéte de 27 juin 1982 sur les installations IRE Timişoara** 20—26

M. V. Stoica: **Optimisation bieritèrielle des procès de conversion cyelique de l'énergie** 27—35

C.I. Staicu, C. Bilegan, Al. Mihăilă et A. Predica: **Stoekage thermique saisonier** 35—39

D. Tatu u M. Mangu: **Mettre en place du béton par vibration pour les travaux hydroteehniques** 40—43

INVENTION-INNOVATIONS 43—44
CRONIQUE 45—46
COMPTE-RENDUES 46—47
PUBLICATIONS RECENTES 47—48
DU SOMAIRE DES REVUES 49

CONTENTS

DC 621.311.18 : 821.311.82 : 662 i 64/66

C. Neaga: **The Burning Stability Inerease of Oltenia Lignite Dust Prepared in Direct Blowing Installations with Dust Concentrators**

The paper analyzes the temperatures regimes within the furnace of a boiler equipped with a dust concentrator for the dust preparation. The dust concentration increase in the main burner produces a higher flame temperature ensuring thus the burning stability of highly moist solid fuel.

Energetica 31 (1983), nr. 1, p. 5—11

DC 621.311.4 : 621.316.1 7—13

M. Nemeş, I. Besoiu and C. Ivaşcu: **Limiting Resistanee Optimization in Networks with Resistor Treated Neutral**

The determining of the limiting resistance in the networks with resistor treated neutral needs an optimization activity specified for every substation. The paper presents a method used for the authors for the substations of Timişoara based on the minimizations of internal overvoltages caused by monophasic shortcircuit, on the sensitivity of protections, on the decrease of the electrodynamic and thermal stresses and on the investment cost decrease.

Energetica 31 (1983), nr. 1, p. 11—16

DC 621.318.423 : 621.186.004.64

B. Máthé: **The Changing of the Eigenfrequeneies Spectrum of Coils Due to the Fault in Longitudinal Insulation**

At the unsuccessful tests of transformers and reactance coils insulation (mainly at the lightning and switching impulse tests) the fault identification is based first on the distortions

of the oscillogrammes of voltages and currents. These depend on the voltages applied, on the equipment manufacturing, on the fault nature, extent and location, on the discharge and measuring circuits parameters. In order to clarify these interdependencies and in order to select the most sensitive testing and measuring circuits the paper describes a matricial calculation method which helps to evaluate the eigenfrequencies spectrum modifications caused by faults in the longitudinal winding insulation.

Energetica 31 (1983), nr. 1, p. 16–19

DC 621.3.002.5

V. Putnokg: **Events Produced by the Storm og June 27, 1982 in the Installations of the Electric Networks Enterprise Timişoara**

Energetica 31 (1983), nr. 1, p. 20–26

DC 621.3.016.4 : 539.17

M. V. Stoica: **A Bieriteria Approach to Cycle Conversion Optimization**

Energetica 31 (1983), nr. 1, p. 27–35

DC 66.012 :681.32

C.I Staicu, C. Bilegan, Al. Mihăilă and I. Predica: **Seasonal Thermal Inventory**

The present all-over seasonal thermal inventory stage is presented and the solutions applied for the heat storage are described in short. Technical data for practical seasonal thermal inventories are given. Referring to the theoretical study of the thermal storage it is shown that the equations describing hydrodynamic and transfer processes are solved by the method of finite elements by computer. Finally, the main problems which determine the seasonal thermal storage are outlined.

Energetica 31 (1983), nr. 1, p. 35–39

DC 626.02 : 666.97

D. Tatu and D. Mangu: **Pumped Concrete for Hydrotechnical Galleries**

The paper presents the results of laboratory research for pumped concrete compositions. The main composition elements which determine the pumped concrete characteristics are described. The laboratory performances achieved by the use of the superfluid additive and of the ash added as partial cement replacing are given as well as conclusions and recommendations regarding the use of this concrete type for hydrotechnical works.

Energetica 31 (1983), nr. 1, p. 40–43

INVENTIONS-INNOVATIONS 43–44
CHRONICS 45–46
REVIEW 46–47
RECENT ISSUES 47–48
FROM THE CONTENTS OF OTHER REVIEWS 49

Mărirea stabilității arderii prafului de lignit din bazinul Olteniei, pregătit în instalație cu insuflare directă cu ajutorul concentratorului de praf

Dr. ing. C.C. Neagu *

Instalația de pregătire a prafului cu turn de preuscare și moară-ventilator este mult folosită la arderea combustibililor solizi inferiori cu conținut ridicat de umiditate. Amestecarea în turn a cărbunelui concasat cu gazele de ardere recirculate de la sfîrșitul focarului conduce la eliminarea unei părți din conținutul inițial de umiditate, făcînd posibilă apoi măcinarea lui. Acest sistem de pregătire a prafului se consideră simplu; prezintă însă dezavantajul că vaporii de apă rezultați din preuscare sînt introduși simultan cu praful în focar, ceea ce determină scăderea temperaturii de ardere în flacără, fapt ce poate duce, în anumite condiții de funcționare, la stingerea ei.

O metodă de prevenire a acestui fenomen și deci de mărire a siguranței în funcționare prin mărirea stabilității arderii în flacără este separarea curentului primar (praf de lignit și agent de uscare și transport) în doi curenți, dintre care unul, cel de bază, are concentrația de praf mai mare decît celălalt curent, în care predomină faza gazoasă, compusă, printre alte componente, din vapori de apă. Divizarea amestecului primar în doi curenți cu caracteristici fizice diferite o face concentratorul de praf (fig. 1). În partea finală, de obicei ascendentă, a conductei de amestec primar, în interiorul ei se găsește corpul de turbionare *CT*, compus dintr-un miez central de formă aerodinamică și palete de turbionare. La trecerea prin corpul de turbionare, amestecul primar este rotit și, din cauza forțelor centrifuge mai mari, particulele de cărbune sînt concentrate în exterior, în apropierea pereților conductei, iar în partea centrală a conductei predomină faza gazoasă. După separare, prin coturi dimensionate convenabil, curenții sînt conduși spre arzătoare: primul, cu concentrație mare de praf de cărbune, spre arzătorul de bază, iar al doilea, cu concentrație de praf redusă și cu fază gazoasă inertă, cantitativ ridicată, spre arzătorul auxiliar. Din cauza conținutului de praf mai mare în jetul arzătorului de bază, temperatura de ardere în flacăra lui va fi mai ridicată, aceasta constituind o posibilitate sigură de mărire a stabilității arderii lignitului respectiv. Temperatura în flacăra arzătorului auxiliar, datorită componentelor gazoase inerte, va fi mai mică; flacăra arzătorului de bază constituie un suport pentru flacăra arzătorului auxiliar, în cazul în care aceasta are tendința de stingere. Din aceste motive distanța pe verticală între cele două arzătoare nu depășește 3—4 m. Un model de realizare a unui asemenea sistem de arzătoare (de bază și auxiliar), cu indicarea dispunerii curenților de amestec bifazic și aer secundar, este arătat în figura 2.

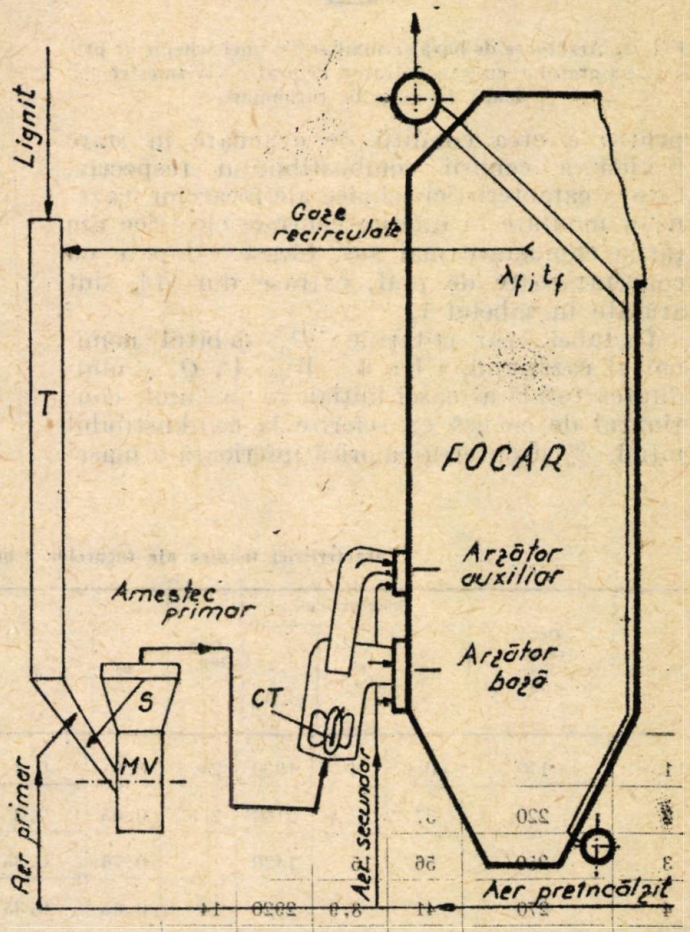


Fig. 1. Schema de preparare a prafului de lignit cu turn de preuscare, moară ventilator și concentrator de praf: *T* — turn de preuscare; *MV* — moară ventilator; *S* — separator; *CT* — corp de turbionare.

Instalații de măcinare a combustibilului solid echipate cu concentratoare de praf se folosesc în multe țări, ca U.R.S.S., R.P. Bulgaria, R.P. Ungaria, R.F. Germania, Grecia etc. [1], fie pentru asigurarea stabilității arderii combustibililor solizi cu multă umiditate, fie

* Autorul este cadru didactic la Institutul Politehnic București.

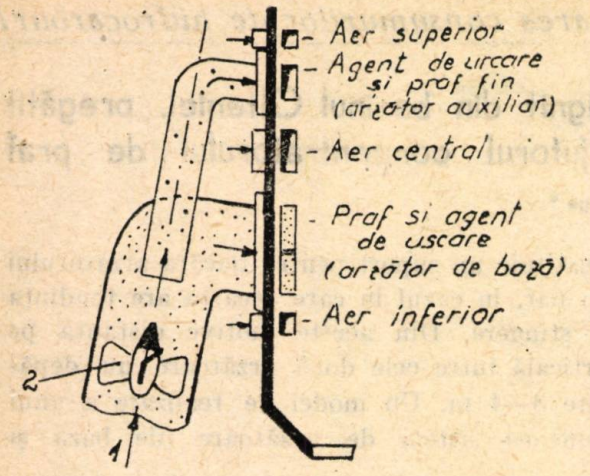


Fig. 2. Arzătoare de bază şi auxiliar ale unei scheme de pregătire a prafului cu concentrator de praf : *1*— amestec primar ; *2* —corp de turbionare.

pentru a crea condiţii de evacuare în stare lichidă a cenuşii combustibilului respectiv. Citeva caracteristici tehnice ale focarelor cazanelor montate în diferite centrale electrice din ţările enumerate mai sus, focare echipate cu concentratoare de praf, extrase din [1], sînt arătate în tabelul 1.

În tabel apar notaţiile: D_n—debitul nominal al cazanului, t/h ; W_t^i, W_p, A^i, Q_i^i — umiditatea totală a masei iniţiale a prafului, conţinutul de cenuşă cu referire la combustibilul niţial, % şi puterea calorică inferioară a masei iniţiale, kcal/kg ; m, a — fracţia (cota-parte) de praf şi fază gazoasă din amestecul de după separator dirijate spre arzătorul de bază ; Lxl — dimensiunile în plan (frontul şi adîncimea) ale focarului, m ; q_v — încărcarea termică a volumului focarului ,a zonei tuturor arzătoarelor şi numai a arzătoarelor de bază. Efectul urmărit prin montarea concentratoarelor de praf este evidenţiat prin valorile încărcărilor termice arătate anterior ; q_s—încărcarea termică a secţiunii transversale a focarului ; q_f — fluxul termic îndreptat spre pereţii laterali ai focarului în zona arzătoarelor în general şi numai a arzătoarelor de bază. Folosind concentratoare de praf este posibil să fie arşi combustibili solizi inferiori cu conţinut iniţial de umiditate de 62% (poz. 12) şi conţinut de balast de 75% (poz. 5).

Lucrarea îşi propune să deducă analitic regimul de temperaturi din flăcările arzătoarelor de bază şi auxiliar şi să-l compare cu nivelul termic realizat în cazul arderii obişnuite, fără concentrator de praf.

Debitul de fluid după separator, debit compus din gaze de ardere circulate de la sfîrşitul focarului necesare deshidratării cărbunelui, aer primar, aer fals în moară şi vapori de apă rezultaţi din preuscare, are expresia :

$$D_{mv} = B_{ef}[r\ V_g(\lambda_f) + \lambda''_p p\ V^0_{aum} + \Delta\lambda_m V^0_{aum} + 1{,}242\ \Delta W_{tm}/(1 - 0{,}01\ q_m)],\ \mathrm{Nm^3/h}; \quad (1)$$

Tabelul 1

Caracteristici tehnice ale focarelor echipate cu concentratoare de praf

Nr. crt.	Debit cazan D_n, t/h	Combustibilul W_t^i, %	A^i, %	Q_i^i, kcal/kg	Praf W_p, %	m	a	$L \times l$, m	q_v 10^3 kcal/(m³.h) Focar	Zonă arzătoare	Zonă arzătoare bază	10^6 kcal/(m².h) q_s Focar	q_f Zonă arzătoare	Zonă arzătoare bază
1	170	60,6	4	1950	24,5	0,9	0,4	8,39×6,89	140	647	1660	2,20	1,17	3,03
2	220	37	22,1	2160	2,5	0,85	0,2	7,8×7,04	126	820	1620	2,38	0,81	2,91
3	250	56	15	1420	15	0,76	0,35	9,98×7,96	85	530	1350	2,47	1,14	2,97
4	270	41	8,9	2920	14	0,85	0,35	7,8×7,04	126	820	1620	2,38	1,44	2,91
5	280	55	20	1400	15	0,9	0,5	8×9	170	755	1260	2,7	1,45	2,47
6	620	44	25	1450	14	0,85	0,5	13,8×11,6	120	560	625	3,5	1,57	1,97
7	650	48	22	1800	10	0,85	0,5	13,2×13,2	106	578	770	2,83	1,90	2,24
8	650	48	22	1800	10	0,87	0,65	13,2×13,2	106	587	808	2,83	1,92	2,36
9	670	56	15	1420	15	0,85	0,35	12,24×14,5	78	360	810	2,95	1,06	2,39
10	670	37	22,1	2160	2,5	0,85	0,2	14 ×12	80	340	956	3	1,10	3,13
11	916	55	12	1400	20	0,9	0,5	16,7×15	106	2 0	435	3,5	1,10	1,60
12	1630 (2 corpuri)	62	6	1700	20	0,85	0,5	15,8×12,6	98	418	780	3,24	1,50	2,60

iar debitul de praf după separator (faza solidă),

$$B_{mv} = B_{ef}[(1 - \Delta W_{tm})/(1 - 0{,}01\ q_m) + \\ + \mu_a r\ V_g(\lambda_f)], \quad \text{kg/h}, \qquad (2)$$

unde:

B_{ef} este debitul de cărbune ars efectiv, kg/h; $B_{ef} = (1 - 0{,}01\ q_m)B$;

q_m — pierderea procentuală de căldură a focarului datorită arderii incomplete mecanic, %;

$V_g(\lambda_f)$ — volumul real al gazelor de ardere, calculat pentru excesul de aer λ_f de la sfîrșitul focarului (locul de prelevare a gazelor recirculate), Nm^3/kg

r — gradul de recirculare; $r = V_{gr}/V_g(\lambda_f)$, V_{gr} fiind volumul gazelor recirculate, Nm^3/kg;

p — fracția de aer primar (valorile r și p rezultă din calculul de preuscare a lignitului);

λ_p'' — coeficientul de exces de aer la ieșirea din preîncălzitor;

$\Delta\lambda_m$ — infiltrația de aer fals în moară;

V_{um}^0 — volumul de aer teoretic umed necesar arderii, Nm^3/kg;

ΔW_{tm} — cantitatea de apă vaporizată în turn și moară dintr-un kilogram de cărbune concasat, introdus în turn, kg/kg;

$$\Delta W_{tm} = (W_t^i - W_p)/(100 - W_p), \quad \text{kg/kg} \qquad (3)$$

Concentrația de cenușă în gazele recirculate este:

$$\mu_a = 0{,}01\ a_{antr} A^i / V_g(\lambda_f), \quad \text{kg/Nm}^3, \qquad (4)$$

unde a_{antr} este fracția de cenușă antrenată de gazele de ardere.

Concentrația de praf în amestecul primar (după separator)

$$\mu_p = B_{mv}/D_{mv}, \quad \text{kg/Nm}^3. \qquad (5)$$

După concentrator cele două faze (solid și gazos) se distribuie diferit spre cele două arzătoare:

— solid spre arzătorul de bază, $m\ B_{mv}$, kg/h;

— solid spre arzătorul auxiliar, $(1-m)B_{mv}$, kg/h;

— gaze spre arzătorul de bază, $a\ D_{mv}$, Nm^3/h;

— gaze spre arzătorul auxiliar, $(1-a)D_{mv}$, Nm^3/h.

Concentrațiile de praf spre cele două arzătoare se calculează cu expresiile:

— arzătorul de bază,

$$\mu_{pb} = \frac{m\ B_{mv}}{a\ D_{mv}} = \frac{m}{a}\mu_p, \quad \text{kg/Nm}^3; \qquad (6)$$

— arzătorul auxiliar,

$$\mu_{pa} = \frac{(1-m)B_{mv}}{(1-a)D_{mv}} = \frac{1-m}{1-a}\mu_p, \quad \text{kg/Nm}^3. \qquad (7)$$

Restul aerului de ardere, aerul secundar, se distribuie astfel:

— spre arzătorul de bază

$$[m\ \lambda_i - a(p\lambda_p'' + \Delta\lambda_m)]B_{ef}V_{aum}^0, \ \text{Nm}^3/\text{h}; \qquad (8)$$

— spre arzătorul auxiliar

$$[(1-m)\lambda_i - \\ - (1-a)(p\lambda_p'' + \Delta\lambda_m)]B_{ef}V_{aum}^0, \ \text{Nm}^3/\text{h}. \qquad (9)$$

Cu expresiile mărimilor arătate anterior, în urma unei ecuații de bilanț termic, se poate calcula temperatura teoretică de ardere a flăcării arzătorului de bază

$$a\ D_{mv}(c_g t)_3 + mB_{ef}[(1 - \Delta W_{tm})/ \\ /(1 - 0{,}01\ q_m) + \mu_a r V_g(\lambda_f)](c_s t)_3 + \\ + B_{ef}[m\lambda_i\ a(p\lambda_p'' + \Delta\lambda_m)]I_{aum}^0(t_p'') + mB(1 - \\ - \Delta W_{tm})Q_i^{is} = mB_{ef}[I_g(\lambda_i, t_t) - \\ - 1{,}242\ \Delta W_{tm}(c_{H_2O}t)_t] + a\ B_{rf}[rV_g(\lambda_f) + \\ + 1{,}242\ \Delta W_{tm}/(1 - 0{,}01\ q_m)](c_g t)_t + \\ + mB_{ef}\mu_a\, rV_g(\lambda_f)(c_a t)_t + \\ + 0{,}01\ (q_{ch} + q_m)\ m\ B\ Q_i^i, \quad \text{kcal/h}, \qquad (10)$$

unde:

t_3 este temperatura fazei gazoase după separator, egală cu cea a fazei solide, °C;

t_t — temperatura teoretică de ardere în flacăra arzătorului de bază, singura necunoscută a ecuației precedente, °C;

t_p'' — temperatura de preîncălzire a aerului de ardere, °C;

c_g, c_{H_2O} — căldura specifică a gazelor, respectiv a vaporilor de apă, kcal/(Nm³·K);

c_s, c_a — căldura specifică a prafului după separator, respectiv a cenușii, kcal/(kg/K);

$I_g(\lambda_i, t_t)$ — entalpia gazelor de ardere (și a cenușii antrenate) la temperatura teoretică și excesul de aer din flacără, kcal/kg;

$I^0_{aum}(t''_p)$ — entalpia teoretică a aerului umed la temperatura de preîncălzire, kcal/kg;

$Q_i^{i_3}$ — puterea calorică inferioară a prafului (cu umiditatea W_p), kcal/kg.

De remarcat că pierderile procentuale prin ardere incompletă chimic și mecanic ($q_{ch} + q_m$) se referă la flacăra arzătorului principal; ele au valori diferite față de cele care se referă la flacăra arzătorului auxiliar sau la arderea în focar. Pentru aflarea temperaturii teoretice (se folosește metoda aproximațiilor succesive) se face apel la tabelul (sau diagrama) $I_g(\lambda, t)$, calculat pentru cărbunele concasat, cu analiza elementară de la intrarea în turnul de preuscare.

Dacă în ecuația de bilanț termic (10):

1) se înlocuiesc a cu $1-a$ și m cu $1-m$, se obține, în acest caz, temperatura teoretică de ardere din flacăra arzătorului auxiliar;

2) se consideră $a = 1$ și $m = 1$, se obține temperatura teoretică de ardere în flacără, în cazul pregătirii prafului în schemă închisă cu insuflare directă, fără concentrator de praf;

3) se consideră $a = 0$ și $m = 1$, se poate obține temperatura din flacără în cazul schemei deschise, cu buncăr intermediar [5]; (se presupune gradul de desprăfuire 100 %). Ținînd seama de simplitatea ei, se scrie expresia temperaturii teoretice pentru acest al treilea caz:

$$B_{ef}[(1 - \Delta W_{tm})/(1 - 0{,}01\ q_m) + \mu_a r\ V_g(\lambda_f)]\ (c_s t)_3 + \lambda_i\ B_{ef} I^0_{aum}(t''_p) + B(1 - \Delta W_{tm}) Q_i^{i_3} = B_{ef}[I_g(\lambda_i, t_t) - 1{,}242\ \Delta W_{tm}(c_{H_2O} t)_t] + B_{ef}\mu_a r\ V_g(\lambda_f)(c_a t)_t + 0{,}01\ (q_{ch} + q_m + q_{rf}) B\ Q_i^i, \quad (11)$$

unde

$$Q_i^{i_3} = \frac{100 - W_p}{100 - W_t^i}(Q_i^i - 6W_t^i) - 6W_p, \text{ kcal/kg},$$

cu W_t^i, umiditatea totală a cărbunelui introdus în turn, %; Q_i^i — puterea calorică inferioară a aceluiași lignit, kcal/kg.

Valorile gradului de recirculare r și a fracției de aer primar p rezultă din rezolvarea ecuațiilor de bilanț termic care modelează matematic preuscarea lignitului în turn și în moara-ventilator (fig. 3). Ecuația de bilanț scrisă în jurul turnului (suprafața de referință s_1)

$$B_1 i_{c1} + B_{ef1} r I_g(\lambda_f, t_f) = B_2 i_{c2} + B_{ef1} r I_g(\lambda_f, t_2) + B_1 Q_{ext} + B_1 \Delta W_t[595 - t_{c1} + (c_p t)_2], \text{ kcal/h}, \quad (12)$$

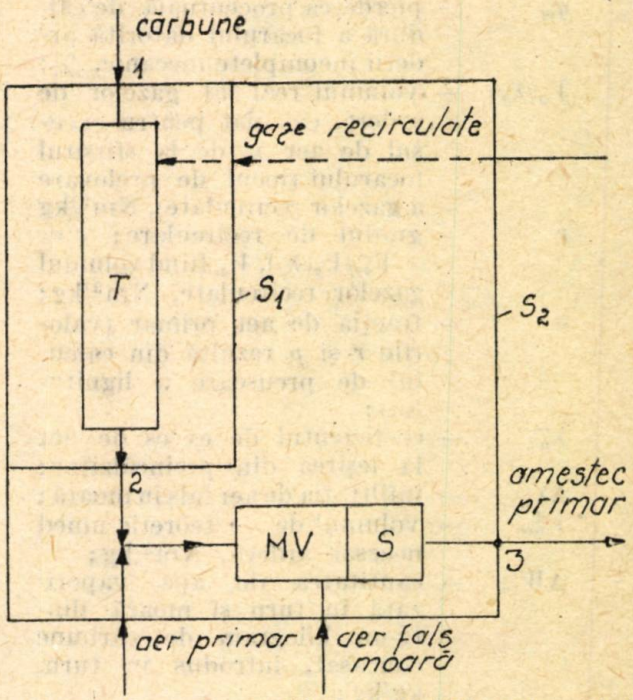


Fig. 3. Fixarea suprafețelor de referință pentru calculul preuscării lignitului în instalația cu turn de preuscare și moară ventilator.

$I_g(\lambda_f, t_f)$ — entalpia gazelor de ardere pentru condițiile de la sfîrșitul focarului kcal/kg;

i_{c1} — entalpia specifică a lignitului la intrarea în turn, kcal/kg, $i_{c1} = (c_c t)_{c1}$;

c_c — căldura specifică a lignitului, kcal/(kg.K);

t_{c1} — temperatura cărbunelui la intrarea în turn, °C (se poate considera egală cu temperatura mediului ambiant, $t_{c1} = t_0$);

t_{c2}, t_2 — temperatura cărbunelui la ieșirea din turn, respectiv a fazei gazoase, °C (indicii 1 și 2 se referă la mărimile care intră, respectiv, ies din turn);

$Q_{ext.}$ — căldura pierdută în exterior prin pereții turnului, kcal/kg;

ΔW_t — cantitatea de apă vaporizată în turn, kg/kg;

$$\Delta W_t = \frac{W_t^{i_1} - W_t^{i_2}}{100 - W_t^{i_2}}; \quad W_t^{i_2} = \frac{W_t^{i_1} - fW_i^{i_1}}{100 - fW_i^{i_1}} 100, \ \%, \quad (13)$$

unde f este fracţia din umiditatea de îmbibaţie iniţială, $W_i^{i_1}$, vaporizată in turn; c_{pv} — căldura specifică la presiune constantă a vaporilor de apă, kcal/(kg.K);

Ecuaţia de bilanţ scrisă pentru turn, moară şi separator (suprafaţa s_2) va fi:

$$B_1 i_{c1} + B_{ef1} r I_g(\lambda_f,\ t_f) + B_{ef1}\lambda_p'' p I^0_{aum}(t_p'') +$$

$$+ B_{ef1}\Delta\lambda_m I^0_{aum}(t_0) + B_1 Q_M + B_3 i_{c3} +$$

$$+ B_{ef1} r I_g(\lambda_f,\ t_3) + B_{ef1}(\lambda_p'' p + \Delta\lambda_m) I^0_{aum}(t_3) +$$

$$+ B_1 Q_{extm} + B_1\ \Delta W_{tm}[595 - t_{c1} +$$

$$+ (c_{pv} t)_3],\ \text{kcal/h}, \qquad (14)$$

unde Q_M este căldura dezvoltată în procesul măcinării (o parte din energia electrică consumată), kcal/kg; Q_{extm} — căldura pierdută în exterior în întreaga instalaţie, turn şi moară; pentru ΔW_{tm} se foloseşte formula (3), unde

$$W_p = W_t^{i_3} = W_h^{i_3} = 100 W_h^{i_1}/(100 - W_t^{i_1}),\ \%. \qquad (15)$$

Pentru evidenţierea cantitativă a regimului termic în focarul unui cazan echipat cu instalaţie de pregătire a prafului cu concentrator de praf s-a folosit lignit din Bazinul Oltenici cu analiza elementară a masei iniţiale $C^i = 19{,}3\ \%$, $H^i = 1{,}8\ \%$; $S_c^i = 0{,}6\ \%$, $O^i = 7{,}3\ \%$, $N^i = 1{,}7\ \%$; $A^i = 28{,}3\ \%$ $W_t^i = 41\ \%$, ($W_t^i = 30\ \%$, $W_h^i = 11\ \%$), pentru care $Q_i^i = 1585{,}9$ kcal//kg, $V^0_{aum} = 2$ Nm³/kg, $V_{RO_2} = 0{,}3645$ Nm³/kg; $V^0_{N_2} = 1{,}571$ Nm³/kg, $V^0_{H_2O} = 0{,}742$ Nm³/kg. Cu valorile de mai sus s-a calculat tabelul $I_g(\lambda, t)$, tabelul 2 şi apoi s-a trasat diagrama specială, pentru diverse valori ale coeficientului de exces de aer din figura 4. (În tabel $I_a = 0{,}01\ a_{antr} A^i c_a t$, kcal/kg reprezintă entalpia cenuşii antrenate.)

Din egalitatea (12), se obţine gradul de recirculare; se consideră fracţia de apă vaporizată în turn $f = 0{,}4$; rezultă $W_t^{i_2} = 32{,}95\ \%$; $\Delta W_t = 0{,}12$ kg/kg. De asemenea se admit $\lambda_f = 1{,}2$, $t_f = 1000°C$, $t_{c2} = 70°$, $t_2 = 400°C$, obţinîndu-se gradul de recirculare $r = 0{,}143$.

Din ecuaţia de bilanţ (14) se obţine fracţia de aer primar; se admit $t_0 = 25°C$; $\Delta\lambda_m = 0{,}2$, $\lambda_p'' = 0{,}95$, $t_{c3} = 100°C$, $t_3 = 100°C$, $t_p'' = 350°C$ rezultă $W_p = 15{,}71\%$, $\Delta W_{tm} = 0{,}3$ kg/kg, $p = 0{,}324$.

Datele obţinute au permis calculul temperaturii teoretice atît din flacăra arzătorului de bază, cît şi a arzătorului auxiliar (fig. 5), funcţie de fracţia de praf (de fază solidă) dirijată, în urma concentrării, spre arzătorul de bază, m; fracţia de fază gazoasă a, care merge spre arzătorul de bază şi care antrenează partea de praf m, s-a considerat parametru variabil. Pentru arzătorul de bază, la creşterea lui m şi scăderea parametrului variabil a, tempe-

Tabelul 2

Tabelul diagramei speciale $I_g(\lambda,t)$ pentru lignit din Bazinul Oltenici

t	I_g^0	I^0_{aum}	I_a	$I_g = I_g + (\lambda-1) I^0_{aum} + I_a$					
				$\lambda = 1$	$\lambda = 1{,}1$	$\lambda = 1{,}2$	$\lambda = 1{,}3$	$\lambda = 1{,}4$	$\lambda = 1{,}5$
°C	kcal/kg	kcal/kg	kcal/kg	kcal/kg					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
100	90,14	63,38	4,64	94,78	101,12	107,46	113,80	120,14	126,48
200	182,63	127,47	9,72	192,35	205,10	217,85	230,59	243,34	256,09
400	379,80	259,28	20,69	396,49	422,41	448,34	474,27	500,19	526,12
600	580,15	397,09	32,18	612,33	652,04	691,75	731,46	771,17	810,88
800	795,38	540,36	44,05	839,45	893,48	947,52	1001,56	1055,59	1109,63
1000	1019,53	687,87	56,53	1076,06	1144,85	1213,63	1282,42	1351,21	1419,99
1200	1251,38	839,15	69,28	1320,66	1404,58	1488,49	1572,41	1656,32	1740,24
1400	1489,49	993,59	90,93	1580,42	1679,77	1779,13	1878,49	1977,85	2077,21
1600	1732,38	1149,97	111,61	1844,19	1959,19	2074,18	2189,18	2304,18	2419,17
1800	1979,95	1307,41	125,57	2105,51	2236,25	2366,99	2497,74	2628,48	2759,22
2000	2230,34	1467,10	144,33	2374,67	2521,38	2668,09	2814,80	2961,51	3108,22

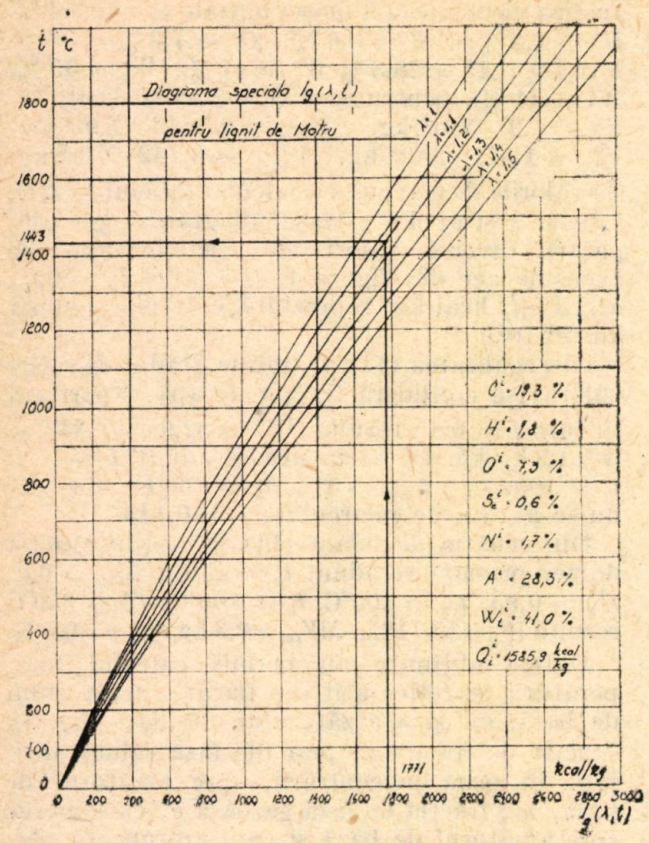


Fig. 4 Diagrama specială pentru lignitul din Bazinul Olteniei.

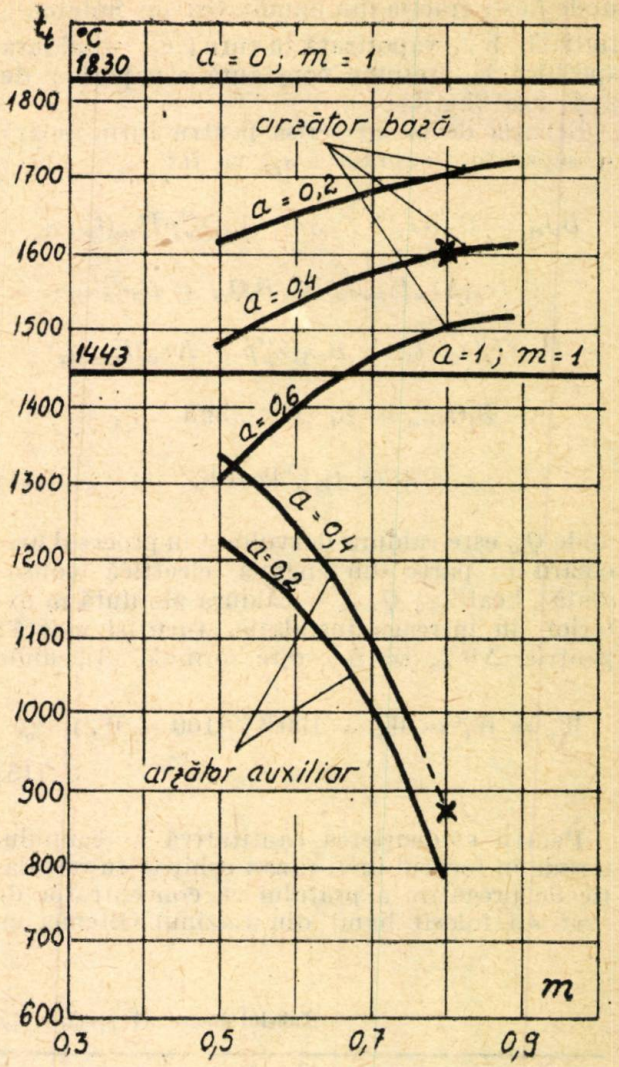


Fig. 5. Dependența temperaturii teoretice de ardere în flacără pentru cele două arzătoare de fracțiile de praf *m* și de agent de uscare și transport *a* dirijate spre arzătorul de bază.

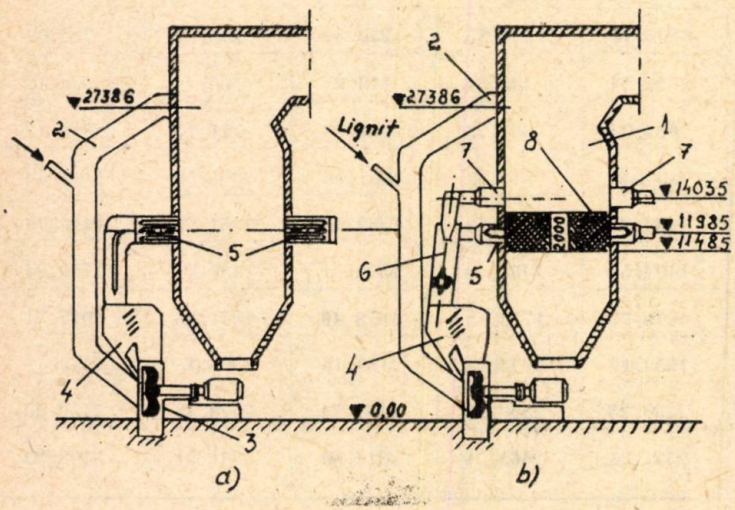


Fig. 6. Schema cazanului BKZ — 210 : *a* — înainte și *b* — după modernizare ; *1* — focar ; *2* — turn de preuscare ; *3* — moara ventilator ; *4* — separator ; *5* — arzătoare de praf de combustibil solid (arzătorul de bază) ; *6* — concentrator de praf ; *7* — arzătoare auxiliare ; *8* — zonă șamotată (centură de aprindere).

ratura flăcării crește, atingînd maximul pentru $a = 0$ și $m = 1$, cazul schemei deschise cu buncăr intermediar. Limitarea (alegerea mărimilor m și a) este impusă de asigurarea capacității de transport a prafului spre arzătorul de bază; concentrația μ_{pb} (formula 6) trebuie să fie sub limita de depunere și temperatura în flacără să nu conducă la topirea cenușii, dacă evacuarea ei se face în stare solidă (la evacuarea lichidă, temperatura trebuie să asigure acest proces, pentru orice sarcină a cazanului). Dependența $t_i = f(m, a)$ pentru arzătorul auxiliar este inversă cazului precedent: temperatura scade cînd m crește și a scade. Limitarea, pentru arzătorul auxiliar, este impusă de pericolul de stingere a flăcării, cînd acesta ar funcționa independent. La funcționarea simultană (cazul real de funcționare) în ecuația de bilanț termic al flăcării auxiliare trebuie să se țină seama și de aportul caloric prin radiație și convecție de la flacăra arzătorului de bază.

Analizînd graficul precedent, considerăm satisfăcător pentru lignitul de Motru alegerea cuplului de valori $m = 0{,}8$ și $a = 0{,}4$ care permit, judecînd după regimul de temperatură, arderea stabilă a prafului în focarul cazanului. În acest mod utilizarea concentratoarelor de praf, atît pentru unități energetice noi, cît și prin modernizarea celor existente, constituie un mijloc de micșorare sau de suprimare a consumului de hidrocarburi gazoase sau lichide în arzătoare menite să susțină flacăra de praf de combustibil solid.

În figura 6 se arată schema cazanului BKZ-210 [4], înainte și după introducerea în circuit a concentratorului de praf; cu aceste modificări s-a reușit să se ardă în condiții bune, fără aport de păcură, combustibil solid cu conținut de umiditate de 42%. În vederea măririi siguranței arderii și la sarcini parțiale ale cazanului, s-a prevăzut o centură de aprindere fixată pe ecrane în zona arzătoarelor de bază.

Evident, pentru introducerea în practică a concentratoarelor de praf, considerațiile teoretice trebuie susținute de experiențe, prilej cu care sînt reliefate și alte aspecte ale fenomenelor.

Bibliografie

[1] Maslov, V. E. *Pilekonțentratori v topocinoi tehnike* Energhiea, Moscova, 1977.

[2] Hzmalian, D. M. și Kagan, Ia. A. *Teoria gorenia i topocinîe ustroistva.* Energhiea, Moscova, 1976.

[3] Lebedev, A. N., *Podgotovka i razmol topliva na elektrostanțiah.* Energhia, Moscova, 1969.

[4] Maslov, V. E. ș.a. *‚Optino-promîșlennoe sjiganie bikinskogo burogo uglia.* În: Teploenerghetika, nr. 4/1974.

[5] Neaga, C. C. *Caracteristicile constructive și funcționale ale schemei deschise, cu buncăr intermediar, de pregătire a prafului de cărbune solid.* În: Energetica, nr. 9, 1982.

(Primit la 17 iunie 1982, acceptat la 7 octombrie 1982)

Creșterea siguranței în funcționare a sistemului energetic și a elementelor acestuia

Optimizarea rezistenței de limitare în rețelele cu neutrul tratat prin rezistor

Dr. ing. M. Nemeș, ing. I. Besoiu și ing. C. Ivașcu

Considerații generale

Tratarea neutrului rețelelor de distribuție de medie tensiune prin rezistor de limitare prezintă avantaje nete față de utilizarea bobinelor de stingere și tendințele actuale atestă proliferarea acestei soluții cu rapiditate. Cîteva dintre aceste avantaje sînt edificatoare:

— cheltuielile de investiții sînt mult mai mici;

— nu este necesar acordul cu rețeaua;

— supratensiunile interne la scurtcircuit monofazat sînt mult reduse față de cele ce apar la o punere la pămînt în situația bobinei de stingere; ca atare, sînt practic excluse dublele puneri la pămînt, apariția unor defecte simultane sau ulterioare în alte puncte ale rețelei, extinderea defectului în scurtcircuite polifazate;

— protecția stației este mai simplă și mai sigură;

— exploatarea rețelei este mai ușoară.

Aceste avantaje au fost confirmate de urmărirea atentă a celor șase stații în care s-a implementat rezistorul de limitare ca urmare a colaborării între Facultatea de Electrotehnică Timișoara și IRE Timișoara. Primul sector experimental a fost dat în exploatare în trimestrul IV al anului 1977, în stația 110/10 kV „Victoria" Timișoara. Experiența ocazionată de acest prim sector experimental a condus la extinderea rapidă a tratării prin rezistor la nivel de 10 kV în toate stațiile din Timișoara. Ultimele realizări la nivel de 20 kV, respectiv,

* Dr. ing. Nemeș Mircea este conferențiar la Catedra de Electroenergetică a Facultății de Electrotehnică Timișoara, ing. Cornelia Ivașcu este șef de lucrări la aceeași facultate, ing. Ioan Besoiu este inginer principal la TCI Cluj-Napoca, șantier Alba Iulia.

6 kV, în stațiile „Pădurea Verde" Timișoara și „UVA" Arad, au completat paleta cercetărilor cu aspecte noi.

Materialul activ al celor trei prototipuri de rezistor este crom-nichel CrN-20, Ø 5. Construcția este foarte suplă, masa redusă, performanțele tehnico-economice superioare rezistoarelor ce utilizează ca material activ tabla silicioasă sau fonta [1].

Una dintre problemele esențiale legate de tratarea neutrului prin rezistor constă în stabilirea valorii rezistenței acestuia, respectiv a curentului limită de scurtcircuit monofazat. Experiența mondială recomandă ca bază pentru calculul rezistenței rezistorului de limitare curenți de scurtcircuit monofazat de 1000 A, pentru rețele cu linii în cablu, și de 300 A, pentru rețele cu linii aeriene sau mixte [2]. Considerarea acestor valori drept repere rigide constituie o sursă posibilă de erori, deoarece valoarea-limită a curentului de scurtcircuit monofazat este în strictă corelație cu morfologia rețelei și cu soluția generală de protecție.

Autorii își propun o analiză critică a modului de alegere a rezistenței de limitare, pornind de la ideea că de cele mai multe ori este greșit să se accepte aprioric o anumită valoare, fără să se țină seama de specificul rețelei. Ca atare se propune o metodă pentru calculul valorii optime a rezistenței de limitare, ținînd seama de următoarele condiții cu implicații importante:

a) minimizarea supratensiunilor interne din rețea cauzate de scurtcircuitul monofazat;

b) asigurarea sensibilității protecțiilor;

c) reducerea solicitărilor electrodinamice și termice a circuitelor primare, reducerea tensiunii de atingere și de pas, respectiv a influențelor asupra liniilor de telecomunicații;

d) minimizarea costului rezistorului de limitare.

Cele patru aspecte relevate nu pot fi abordate exhaustiv în cadrul unei lucrări și de aceea se vor prezenta cîteva probleme considerate de autori ca importante.

1. Minimizarea supratensiunilor interne cauzate de scurtcircuitul monofazat

Două studii anterioare [3], [4], efectuate cu ajutorul analizorului tranzitoriu de rețea (ATR) au scos în evidență superioritatea tratării neutrului prin rezistor de limitare, față de neutrul legat direct la pămînt, izolat sau tratat cu bobină de stingere.

Numeroasele încercări efectuate de autori au condus la observația esențială că tratarea neutrului prin rezistor de limitare se caracterizează prin cel mai redus factor de supratensiune (*FS*), datorat evident caracterului puternic diseminativ al acestuia. Factorul de supratensiune (*FS*) s-a definit ca raport între valoarea maximă a supratensiunii și valoarea maximă a tensiunii în același punct al rețelei înainte de producerea scurtcircuitului. Tensiunile s-au măsurat față de pămînt. În condiții de modificare a morfologiei rețelei, a locului avariei, a momentului producerii avariei, a locului de măsură, a caracterului sarcinii, s-au obținut valori maxime ale *FS* conform tabelului 1.

Tabelul 1

Valorile maxime ale FS

Situația neutrului	Rețele cu linii în cablu	Rețele cu linii aeriene sau mixte
Izolat	3,8	2,3
Legat la pămînt	3,6	2,2
Tratat prin bobina de stingere la rezonanță	2,9	2,5
Tratat prin rezistor de limitare	2,4	2,0

Trebuie menționat faptul că pentru suprasau subcompensare la bobina de stingere *FS* crește ușor în comparație cu acordul la rezonanță. În ceea ce privește rezistorul, domeniul în care *FS* nu se modifică practic este delimitat de următoarele valori:

$$R_I = (0{,}4 \div 2{,}3)R_{1000}(\text{LES}) \qquad (1)$$

sau

$$R_I = (0{,}6 \div 2)R_{300}(\text{LEA}),$$

în care, pentru mai multă claritate, R_{1000}, respectiv R_{300}, reprezintă rezistențele corespunzătoare limitării curentului de scurtcircuit pe barele stației la 1000, respectiv, la 300 A. Încercările s-au efectuat în situația $R_{1000\,(300)} \geqslant Z_{0TSP}$, în care Z_{0TSP} reprezintă impedanța de secvență homopolară a transformatorului de servicii proprii care servește și pentru crearea neutrului artificial.

2. Asigurarea sensibilității protecțiilor

Pentru stabilirea soluției optime a protecțiilor din stație este necesară o prealabilă investigare a regimurilor de avarie posibile de tipul scurtcircuitului monofazat. În tabelul 2 se prezintă o astfel de analiză pentru o stație de 110/MT cu un transformator în funcțiune, sistem simplu de bare secționat longitudinal la MT și un singur TSP racordat la aceeași secție de bare ca și transformatorul (secția I).

Semnificația notațiilor din tabelul 2 este următoarea:

$\underline{I}_R$ — curentul prin rezistorul de limitare,

$3\underline{I}_{0TSP}$ — curentul homopolar total pe plecarea *TSP*,

$3\underline{I}_{0T}$ — curentul homopolar total pe partea de MT a transformatorului,

$3\underline{I}_{0CL}$ — curentul homopolar total prin cuplă,

$3\underline{I}_{0l}$ — curentul homopolar total pe linia cu scurtcircuit monofazat,

$3\underline{I}'_{0l}$ — curentul homopolar total pe liniile neafectate de avarie,

$\underline{I}_{FN}$ — curentul de scurtcircuit monofazat pe bare, în ipoteza neglijării susceptanței liniilor electrice,

$\underline{I}_{FNminI}$ — curentul de scurtcircuit minim pentru mulțimea liniilorr acordate la secția I de bare,

$\underline{I}_{FNminII}$ — idem, pentru mulțimea liniilor racordate la secția II de bare,

$\underline{I}_{c\Sigma}$ — curentul capacitiv total al celor N linii în regim de scurtcircuit monofazat în exteriorul acestora,

$\underline{I}_{c\Sigma I}$, $\underline{I}_{c\Sigma II}$ — curentul capacitiv total al liniilor racordate la secția I, respectiv secția II, în regim de scurtcircuit monofazat exterior,

$\underline{I}'_{c\Sigma}$ — curentul capacitiv total al liniilor racordate în stație, cu excepția curentului capacitiv propriu al liniei cu scurtcircuit,

$\underline{I}_{ci}$ — curenții capacitivi ai liniilor pentru un scurtcircuit exterior acestora.

O soluție posibilă pentru protecțiile de bază ale stației este următoarea:

— protecția liniilor: maximală de curent homopolar;

— protecția transformatoarelor: maximală de curent homopolar;

— protecția cuplei: maximală de curent prin rezistor;

— protecția TSP: diferențială longitudinală homopolară;

— protecția barelor: maximală de curent prin rezistor sau protecție de punere la masă. Ca protecții de rezervă — protecția maximală de curent prin rezistor și protecția de tensiune homopolară.

Asigurarea sensibilității protecțiilor impune restricții asupra rezistenței de limitare. O prezentare succintă a acestora se schițează în cele ce urmează.

A. Restricția impusă de protecția maximală homopolară a liniilor:

$$R_{II} \leqslant \{R \Rightarrow I_{FN\,min} = K_{sens}\,[max\,(K_{sig1}\,I_{c\,max} \text{ sau } K_{sig2}\,I_{dez})]\} \qquad (2)$$

în care $\underline{I}_{max}$ este curentul capacitiv al liniei în regim de scurtcircuit monofazat pentru abaterea maximă de la schema normală;

$\underline{I}_{dez}$ — curentul de dezechilibru maxim al filtrului de curent homopolar.

Condiția (2) se explicitează astfel: curentul de pornire al protecției maximale de curent

Tabelul 2

Mărimile de interes pentru stabilirea protecțiilor

Locul scurtcircuitului *FN* \ Mărimea	$\underline{I}_R$	$^3\underline{I}_{0TSP}$	$^3\underline{I}_{0T}$	$^3\underline{I}_{0CL}$	$^3\underline{I}_{0l}$	$^3\underline{I}'_{0l}$	OBS.
Bare secția I	$\underline{I}_{FN}$	$\underline{I}_{FN}$	0	$\underline{I}_{c\Sigma II}$	—	$\underline{I}_{ci}$	$i \in N$
Bare secția II	$\underline{I}_{FN}$	$\underline{I}_{FN}$	0	$\underline{I}_{FN}+\underline{I}_{c\Sigma I}$	—	$\underline{I}_{ci}$	$i \in N$
Transformator partea de MT	$\underline{I}_{FN}$	$\underline{I}_{FN}$	$\underline{I}_{FN}+\underline{I}_{c\Sigma}$	$\underline{I}_{c\Sigma I}$	—	$\underline{I}_{ci}$	$i \in N$
Plecare *TSP*	$\underline{I}_{FN}$	$\underline{I}_{c\Sigma}$	0	$\underline{I}_{c\Sigma II}$	—	$\underline{I}_{ci}$	$i \in N$
Plecare j, secția I, extremitatea spre bare	$\underline{I}_{FN}$	$\underline{I}_{FN}$	0	$\underline{I}_{c\Sigma II}$	$\underline{I}_{FN}+\underline{I}'_{c\Sigma}$	$\underline{I}_{ci}$	$i \in N$ $i \neq j$
Plecare j, secția I, extremitate îndepărtată, la abatere maximă de la schema normală	$\underline{I}_{FNminI}$	$\underline{I}_{FNminI}$	0	$\underline{I}_{c\Sigma II}$	$\underline{I}_{FNminI}+\underline{I}'_{c\Sigma}$	$\underline{I}_{ci}$	$i \in N$ $i \neq j$
Plecare m, secția II, extremitatea spre bare	$\underline{I}_{FN}$	$\underline{I}_{FN}$	0	$\underline{I}_{c\Sigma I}$	$\underline{I}_{FN}+\underline{I}'_{c\Sigma}$	$\underline{I}_{ci}$	$i \in N$ $i \neq m$
Plecare m, secția II, extremitatea îndepărtată, la abaterea maximă de la schema normală	$\underline{I}_{FNminII}$	$\underline{I}_{FNminII}$	0	$\underline{I}_{c\Sigma I}$	$\underline{I}_{FNminII}+\underline{I}'_{c\Sigma}$	$\underline{I}_{ci}$	$i \neq m$ $i \in N$

homopolar se alege ținîndu-se seama de I_{cmax} și I_{dez}, conform relațiilor de mai jos:

$$I_{pp1} = K_{sig1} I_{cmax} = K_{sig1} I_{c(0)} l_{max}$$

$$I_{pp2} = K_{sig2} I_{dez} = K_{sig2} \cdot 2 \frac{\varepsilon_{TC}^{\circ}}{100} I_{nTC}$$

în care:

$I_{c(0)}$ este curentul capacitiv total al liniei pe unitatea de lungime;
l_{max} — lungimea liniei în situația abaterii maxime;
ε_{TC} — eroarea maximă a înfășurării de protecție a transformatorului de curent.

Din condiția impusă a sensibilității:

$$K_{sens} \leqslant \frac{I_{FN\,min}}{I_{pp1.2}} (K_{sens} = 1{,}5)$$

rezultă:

$$I_{FN\,min} \geqslant K_{sens} I_{pp1.2}$$

în care:

$$I_{FN\,min} = \left| \frac{\sqrt{3}U}{2(jX_s + \underline{Z}_T) + \underline{Z}_{OTSP} + 3R + (2\underline{Z}_{1(0)} + \underline{Z}_{0(0)}) l_{max}} + \underline{I}'_{c\Sigma} \right|$$

unde:

X_s este reactanța de scurtcircuit a sistemului;
$\underline{Z}_T$ — impedanța transformatorului de putere;
$\underline{Z}_{OTSP}$ — impedanța de secvență homopolară a transformatorului de servicii proprii;
$Z_{1(0)}$ și $Z_{0(0)}$ — impedanțele de secvență directă și homopolară a liniei, pe unitatea de lungime;
R — rezistența rezistorului.

Pentru lungimi reduse ale liniei, $I_{pp2} > I_{pp1}$ și atunci R_{II} rezultă din ecuația

$$\left| \frac{\sqrt{3}U}{2(jX_s + \underline{Z}_T) + \underline{Z}_{OTSP} + 3R + (2\underline{Z}_{1(0)} + \underline{Z}_{0(0)}) l_{lim}} + \underline{I}'_{c\Sigma} \right| = K_{sens} I_{pp2},$$

în care l_{lim} este lungimea liniei pentru care $I_{pp1} = I_{pp2}$.

Dacă lungimea liniei este mai mare decît l_{lim}, calculul rezistenței R_{II} se face din relația

$$\left| \frac{\sqrt{3}U}{2(jX + \underline{Z}_T + \underline{Z}_{OTSP} + 3R + (2\underline{Z}_{1(0)} + \underline{Z}_{0(0)}) l_{max}} + \underline{I}'_{c\Sigma} \right| = K_{sens} K_{sig1} I_{c(0)} l_{max}$$

În intervalul $(0, l_{lim})$ R_{II} rezultă independentă de lungimea liniei, iar în intervalul (l_{lim}, l_{max}) rezistența limită superioară R_{II} depinde de lungime.

Celelalte restricții vor fi enunțate doar, deoarece se bazează pe considerente asemănătoare cu cele expuse mai sus.

B. Restricția impusă de protecția maximală homopolară a transformatoarelor:

$$R_{III} \leqslant \{R \Rightarrow |\underline{I}_{FN} + \underline{I}_{c\Sigma}| = K_{sens} \cdot K_{sig} \cdot I_{dez}\} \quad (3)$$

C. Restricția impusă de protecția maximală de curent prin rezistor:

$$R_{IV} \leqslant \{R \Rightarrow I_{FN\,min} = K_{sens} \cdot K_{sig} \cdot I_{c\Sigma I}\,(I_{c\Sigma II})\} \quad (4)$$

În cazul cuplei deschise, cînd se funcționează cu ambele transformatoare conectate și cele două puncte neutre ale TSP legate la rezistorul de limitare, la un scurtcircuit pe o secție de bare sau linie ce aparține acesteia, curentul prin legătura dintre rezistor și TSP racordat la secția de bare neafectată de avarie este egal practic cu valoarea curentului capacitiv total al liniilor acesteia. În cazul în care $I_{c\Sigma I}$ ($I_{c\Sigma II}$) este mai mic decît curentul de pornire cel mai mare al protecției homopolare a liniilor, în relația (4) se va introduce acesta ($I_{pp}\, l_{max}$).

D. Restricția impusă de protecția diferențială longitudinală homopolară:

$$R_V \leqslant \{R \Rightarrow |I_{FN} + \underline{I}_{c\Sigma}| = K_{sens} \cdot K_{sig} \cdot I_{dez\,max}\}, \quad (5)$$

în care I_{dezmax} reprezintă curentul cel mai mare de dezechilibru ce rezultă fie ca urmare a erorilor transformatoarelor de curent pentru scurtcircuit monofazat în afara zonei, fie ca urmare a curentului de șoc la conectarea în gol a TSP. De regulă curentul de dezechilibru maxim este dictat de erorile TC pentru un scurtcircuit monofazat în afara zonei. În cazul unui $I_{dez\,max}$ dictat de $I_{șoc}$ la conectarea în gol a TSP restricția (5) este independentă de valoarea rezistenței R.

3. Reducerea solicitărilor electrodinamice și termice a circuitelor primare, reducerea tensiunii de atingere și de pas, respectiv a influențelor asupra liniilor de telecomunicații

Prezența rezistorului de limitare conduce la reducerea drastică a curentului de șoc la scurtcircuit monofazat. Un reper legat de solicitările termice ale circuitelor primare poate fi curentul nominal al întrerupătoarelor celulelor de linie [$R_{VI}(I_n)$]. Desigur această restricție este facultativă, dar demnă de luat în considerare, mai ales la rețelele cu linii în cablu, unde tensiunile de atingere și de pas sînt foarte reduse.

Cu ocazia probelor la stațiile 110/10 kV din Timișoara, tensiunile de atingere și de pas măsurate nu au depășit 10 V(!), cu toate că, ținînd seama de rezistențele de dispersie ale prizelor posturilor de transformare, ar fi trebuit să rezulte mai mari. Explicația constă în structura extrem de eterogenă a subsolului localității. La rețele cu linii aeriene primează problema tensiunii de atingere și de pas și numai un studiu amănunțit al rețelei poate preciza restricția pentru rezistența rezistorului [R_{VI} (U_a)]. Problema care trebuie rezolvată printr-o optimizare este următoarea: în general, chiar dacă se limitează curentul de scurtcircuit monofazat pe bare la 150 A există zone în rețea care necesită micșorarea rezistențelor de dispersie ale prizelor. Cu cît curentul I_{FN} este mai mare, cu atît costul amenajărilor în rețea este mai mare. Un curent de scurtcircuit limitat, de valoare mai mare, este avantajos din punctul de vedere al înlăturării mai rapide a cauzei ce a produs avaria, la atingeri exterioare.

Soluția inițială în stația 110/20 kV „Pădurea Verde" Timișoara cu rețea mixtă a fost dictată de minimizarea cheltuielilor de amenajare a rețelei și ca atare s-a limitat curentul I_{FN} pe bare la 150 A.

Două elemente au corectat soluția inițială: modificarea standardului prin acceptarea unor tensiuni de atingere și de pas mai mari și tendința firească de micșorare a numărului declanșărilor la linii. Astfel, recent, s-a trecut la o limitare a curentului de scurtcircuit monofazat pe bare la 300 A, cu amenajări reduse în rețea.

În ceea ce privește soluțiile pentru stațiile de 110/10 kV din Timișoara și stația 110/6 kV UVA Arad, toate cu linii subterane, limitarea curentului s-a făcut la 630 A, valoarea rezistenței încadrîndu-se în domeniul permis de restricțiile $R_{VI}(I_n)$, $R_{III}\left(\sum_1^n l_i\right)$ și R_{IV}.

În toate stațiile s-a aplicat soluția cu un singur rezistor de limitare, conform invenției „Procedeu de tratare a neutrului rețelelor de medie tensiune", brevet nr. 78466/81. Problema influențelor asupra liniilor de telecomunicații este similară cu cea a tensiunilor de atingere și de pas și obligă la un studiu detaliat al rețelei.

4. Minimizarea costului rezistorului de limitare

Ținînd seama că pentru un anumit nivel de tensiune și destinație, suportul metalic și izolația nu se modifică practic, indiferent de valoarea rezistenței, materialul activ reprezintă obiectul optimizării. Problema se complică datorită evoluției și modificării compoziției rețelei racordată la stație, cu implicații directe asupra valorii optime a rezistenței. Rezultă deci necesitatea construirii unor „rezistoare universale", care să permită limitarea curentului de scurtcircuit monofazat în trepte și într-un domeniu relativ larg. Spre exemplu, din evaluările efectuate de autori, rezistoarele universale trebuie să fie capabile să limiteze I_{FN} între 300 și 1000A (LES) și ~300 A (LEA). Soluția unui rezistor cu o singură cale de curent sau cu mai multe căi, cu prize, sau modificarea numărului de căi de curent trebuie analizată pentru fiecare stație în parte. Optimizarea constă în minimizarea costului materialului activ pentru o stabilitate termică asigurată la curentul de scurtcircuit monofazat pe bare. Cadrul acestei lucrări nu permite o dezvoltare amănunțită a optimizării construcției rezistorului de limitare. Experiența acumulată de autori pînă în prezent a condus la soluția cu o singură cale de curent, pentru rezistoare destinate rețelelor cu LEA, sau mixte de 20 kV și două căi de curent, pentru rețelele de 6 și 10 kV cu linii în cablu.

5. Sinteza datelor destinate optimizării

O prezentare sugestivă a analizei de optimizare efectuată se arată în figurile 1 și 2, cu caracter informativ, pentru rețele cu LEA sau mixte și cu LES. Se constată existența unor restricții slabe (R_{III} și R_V), determinate de rapoartele de transformare și clasa de precizie a transformatoarelor de curent din celula transformatoarelor și a TSP. Restricțiile R_{II} și R_{IV}, sensibile la lungimea liniei, devin drastice la un moment dat. Lungimea maximă la abatere a unei linii la care cele două res-

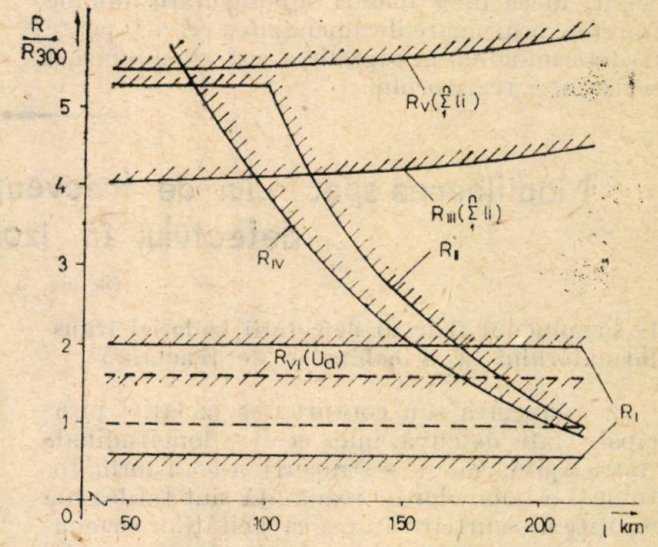


Fig. 1. Restricțiile determinate de criteriile de optimizare pentru stații cu LEA sau mixte: l — lungimea unei linii; $\sum_1^n l_i$ — lungimea totală a liniilor.

tricții devin severe este superioară lungimilor actuale uzuale. Restricția introdusă de minimizarea supratensiunilor este de cea mai mare însemnătate și oferă un domeniu suficient de

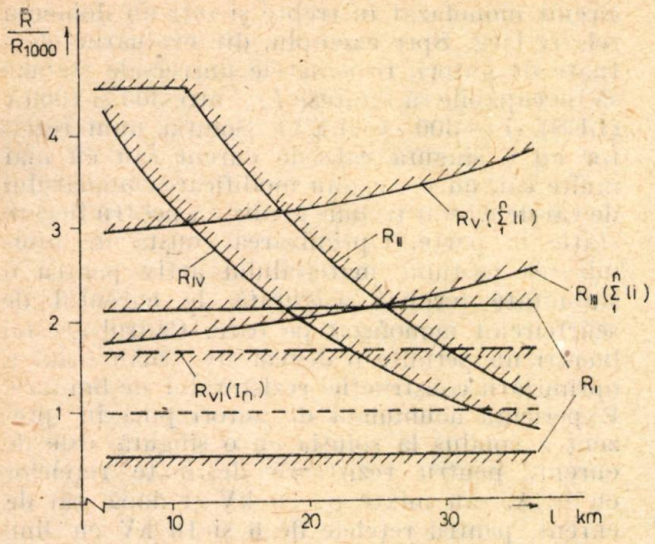


Fig. 2. Restricțiile determinate de criteriile de optimizare pentru stații cu LES : l — lungimea unei linii ; $\sum_1^n l_i$ lungimea totală a liniilor.

larg, legat de invarianța solicitărilor izolației la un scurtcircuit monofazat. În fine, restricțiile R_{VI} de limită inferioară au conexiune diferită cu rețeaua. Dacă la rețele cu LES restricția este facultativă și legată de curentul nominal al întrerupătoarelor celulelor de linie, la rețele cu LEA sau mixte tensiunile de atingere și pas o pot transforma într-o condiție severă, cu implicații asupra realizării prizelor de pămînt. Sigur, ideea unor lucrări suplimentare minime în rețea, ocazionate de amenajarea rețelei, poate fi determinantă în stabilirea valorii minime a rezistenței rezistorului.

Concluzii

Tratarea neutrului rețelelor de distribuție de medie tensiune prin rezistor de limitare necesită o analiză complexă cu obiect esențial — optimizarea soluției pentru fiecare tip de stație. Avînd în vedere evoluția structurii rețelelor se impune implementarea unui rezistor universal, capabil să modifice curentul de scurtcircuit limită și astfel să poată fi adaptat oricărei stații cu linii aeriene sau mixte, respectiv cu linii în cablu. La actuala structură a rețelelor noastre cea mai importantă restricție este determinată de minimizarea supratensiunilor cauzate de scurtcircuitul monofazat. Pentru rețele cu LEA se adaugă restricția dictată de tensiunea de atingere și de pas. La stațiile ce deservesc rețele cu linii în cablu este posibilă și recomandabilă limitarea curentului maxim de scurtcircuit monofazat la o valoare mai mică decît curentul nominal al întreruptoarelor liniilor.

Bibliografie

[1] Nemeș, M., Besoiu I., Ivașcu, C. și Velicescu, C. *Protocol contract 59/1977*. I.P. „Traian Vuia" Timișoara, 1977—1979.

[2] Pélissier, R. *Les réseaux d'énergie électrique*. Tome 2, Dunod, Paris, 1971.

[3] Nemeș, M., Ivașcu, C., Velicescu, C. și Toplrceanu, I. *Aplicarea soluției tratării neutrului prin rezistor de limitare în stația 110/10 kV „Victoria" Timișoara*. În : Buletinul științific și tehnic al IPT, 24(38), 2, 1978.

[4] Nemeș, M., Văcaru, D. și Arenstein, Șt. *Factorul de supratensiune la scurtcircuit monofazat în rețelele de distribuție cu neutrul tratat prin rezistor de limitare*. În Energetica, 30, nr. 1, 1982.

(Primit la 13 martie 1982, acceptat la 11 octombrie 1982)

Modificarea spectrului de frecvențe proprii ale bobinelor datorită defectului în izolația longitudinală

Dr. ing. **B. Máthé** *

1. Fenomenul fizic al defectării izolației transformatorului și a bobinelor de reactanță

Străpungerea sau conturnarea izolației principale (față de cuvă, miez etc.) și longitudinale (între spire, galeți și straturi) a transformatorului și a bobinelor de reactanță sînt totdeauna însoțite de scurtcircuitarea capacităților elementare transversale sau longitudinale (C sau K) din schema echivalentă a înfășurării (fig. 1), constituită dintr-un număr n de secțiuni, și de perturbarea corespunzătoare a cîmpului electromagnetic.

La început, prin lanțul de capacități se va propaga instantaneu spre capetele înfășurării o oscilație de înaltă frecvență. Domeniul de frecvență al acestor oscilații (MHz) depinde de capacitățile înfășurării și de inductanța conturului de descărcare L_0.

Locul defectului se poate stabili deseori din momentul de apariție a acestor descărcări, folosind valorile vitezelor de propagare a potențialelor (metoda lui Elsner) sau a gradienților de tensiune (metoda lui Erid).

La scurtcircuitarea de durată a unei secții, distorsiunea de înaltă frecvență este urmată de oscilații de frecvență mai joasă, datorate influenței comune a cuplajelor capacitive și inductive, schimbînd spectrul de frecvențe proprii ale înfășurării.

În sfîrșit, ca un rezultat final al fenomenului tranzitoriu, la scurtcircuitări stabile va apărea un nou curent staționar (încercarea cu tensiune

* Dr. ing. Balazs Máthé lucrează la ICEMENERG.

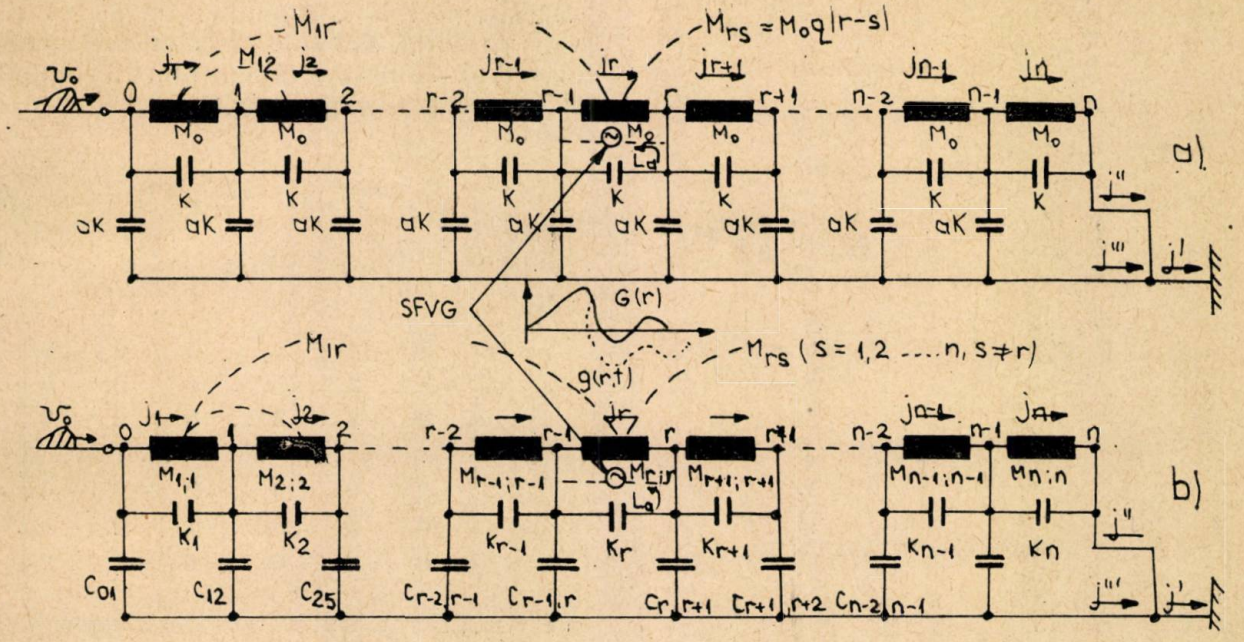


Fig. 1. Schema echivalentă a înfășurării uniforme (*a*) și neuniforme (*b*) la impuls de tensiune cu defectul în secțiunea *r*.

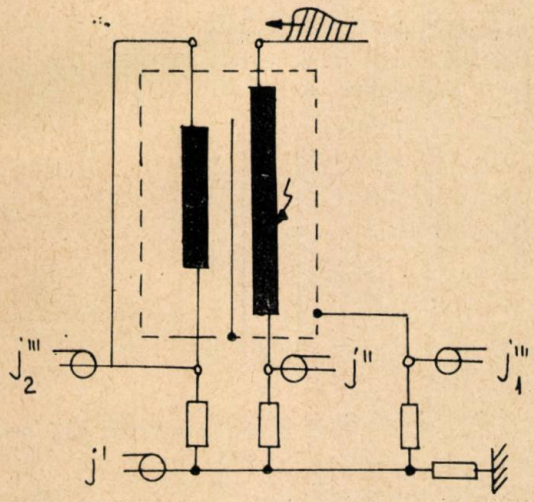


Fig. 2. Schema de încercare generalizată pentru diagnosticarea izolației transformatoarelor cu impuls de tensiune.

indusă) sau cvasistaționar (încercarea cu impuls).

Amplitudinea acestor feluri de distorsiuni ca și sensibilitatea circuitelor de încercare (fig. 2) utilizate depind de defectul însuși și de construcția concretă a înfășurării.

2. Modificarea spectrului de frecvențe proprii datorită defectului

Fenomenul tranzitoriu în înfășurarea fără defect (supusă la o sursă de tensiune), ținînd seama de cuplajele capacitive și inductive între secții, poate fi descris cel mai ușor prin ecuațiile lui Kirchhoff și formulate prin metodele matriciale ale lui Lovass-Nagy [1] și ale autorului [2, 3]. De exemplu, în cazul unei înfășurări uniforme cu neutrul pus la pămînt, fără defect sau cu defect (secțiunea r este scurtcircuitată) ecuațiile lui Kirchhoff în zona defectului vor avea următoarele forme:

$$i_{r-1}-i_r=K\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}(-u_{r-2}+2u_{r-1}-u_r)+aK\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}u_{r-1} \tag{1}$$

$$i_r-i_{r+1}=K\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}(-u_{r-1}+2u_r-u_{r+1})+aK\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}u_r$$

și

$$u_{r-1}-u_r=M_0\sum_{s=1}^{n}q^{s-r}\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}i_s \tag{2}$$

$$u_r-u_{r+1}=M_0\sum_{s=1}^{n}q^{s-(r+1)}\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}i_s$$

pentru înfășurarea fără defect (totalizînd $2n-1$ ecuații);

$$j_{r-2}-j_{r-1}=K\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}(-v_{r-3}+2v_{r-2}-v_{r-1})+aK\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}v_{r-2}$$

$$j_{r-1}-j_{r+1}=K\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}(-v_{r-2}+2v_{r-1}-v_{r+1})+$$

$$+2aK\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}v_{r-1}$$

$$j_{r+1}-j_{r+2}=K\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}(v_{r-1}+2v_{r+1}-v_{r+2})+aK\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}v_{r+1}$$

(3)

$$v_{r-2}-v_{r-1}=M_0\sum_{s=1}^{r-1}q^{s-(r-1)}\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}j_s+$$

$$+M_0\sum_{s=r+1}^{n}q^{s-(r-1)}\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}j_s+M_0q\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}j_r;$$

$$v_{r-1}-v_r=M_0\sum_{s=1}^{r-1}q^{s-r}\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}j_s+M_0\sum_{s=r+1}^{n}q^{s-r}\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}j_s+$$

$$+M_0\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}j_r=0;$$

$$v_r-v_{r+1}=v_{r-1}-v_{r+1}=$$

$$=M_0\sum_{s=1}^{r-1}q^{s-(r+1)}\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}j_s+M_0\sum_{s=r+1}^{n}q^{s-(r+1)}\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}j_r+$$

$$+M_0q\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}j_r$$

(4)

...pentru înfășurarea cu defect (totalizînd 2n—3 ecuații).

După cîteva transformări algebrice, aceste sisteme de ecuații diferențiale pot fi prezentate sub forma ecuațiilor diferențiale matriciale neomogene de ordinul doi :

$$\frac{\mathrm{d}^2\Phi}{\mathrm{d}t^2}+\frac{\alpha_1\alpha_2}{M_0K}=\frac{\alpha_1\beta_2}{M_0K}+\beta_1\frac{\mathrm{d}^2U_0}{\mathrm{d}t^2},\qquad(5)$$

...pentru înfășurarea fără defect și :

$$\frac{\mathrm{d}^2\tilde{\Phi}}{\mathrm{d}t^2}+\frac{\tilde{\alpha}_1\tilde{\alpha}_2}{M_0K}=\frac{\tilde{\alpha}_1\tilde{\beta}_2}{M_0K}+\tilde{\beta}_1\frac{\mathrm{d}^2U_0}{\mathrm{d}t^2},\qquad(6)$$

...pentru înfășurarea cu defect, unde :

Φ și $\tilde{\Phi}$ sînt matricele tip coloană ale potențialelor în înfășurările fără defect, respectiv cu defect ;

U_0 — funcția tensiunii aplicate.

Ecuațiile (5) și (6) descriu mișcări pendulare forțate a două sisteme cu următoarele frecvențe ale oscilațiilor (spectru de frecvență) :

$$\Omega^2=\frac{\alpha_1\alpha_2}{M_0K}\qquad(7)$$

$$\tilde{\Omega}^2=\frac{\tilde{\alpha}_1\tilde{\alpha}_2}{M_0K}\qquad(8)$$

Coeficienții matriciali α_1 și $\tilde{\alpha}_1$ reflectă cuplajele capacitive la înfășurările fără defect, respectiv cu defect. Folosind simbolurile lui Lovass-Nagy și cîteva notații suplimentare ale autorului [2], pentru înfășurarea uniformă se poate scrie :

$$\alpha_1=(C_{n-1}+aE_{n-1})^{-1}\qquad(9)$$

$$\tilde{\alpha}_1=(C_{n-2}+aE_{n-2}+a\delta\delta_t)^{-1}\qquad(10)$$

unde,

$$C_m=\begin{bmatrix}2&-1&0\ldots&0&0&0\\-1&2&-1\ldots&0&0&0\\0&-1&2\ldots&0&0&0\\\ldots&\ldots&\ldots&\ldots&\ldots&\ldots\\0&0&0\ldots&2&-1&0\\0&0&0\ldots&-1&2&-1\\0&0&0\ldots&0&-1&2\end{bmatrix}$$

este o matrice pătratică cu trei diagonale de ordinul m ;

δ — matricea coloană care indică locul de defect.

Elementul $(r-1)$ este egal cu 1, iar toate celelalte elemente sînt egale cu zero (δ_t este matricea transpusă a lui δ).

$$\delta=\begin{bmatrix}0\\\vdots\\0\\1\\0\\\vdots\\0\end{bmatrix}\begin{matrix}\downarrow\\(r-1)\text{-lea}\\\uparrow\end{matrix}$$

$E_m=<1\ldots1>$ — matricea unitară de ordinul m.

Elementele matricelor α_1, α_2, $\tilde{\alpha}_1$ și $\tilde{\alpha}_2$ plasate în linia i și coloana j pot fi calculate cu ajutorul valorilor proprii și al vectorilor proprii în concordanță cu metoda Lovass-Nagy. De exemplu, în cazul matricelor α_1 și $\tilde{\alpha}_1$:

$$\alpha_{1(i,j)}=\frac{\mathrm{sh}\,ix\,\mathrm{sh}(n-j)x}{\mathrm{sh}\,x\,\mathrm{sh}nx}\qquad(11)$$

$$\tilde{\alpha}_{1(i,j)}=\frac{\mathrm{sh}\,ix\,\mathrm{sh}(n-j-1)x}{\mathrm{sh}\,x\,\mathrm{sh}(n-1)x},\qquad(12)$$

dacă scurtcircuitul are loc pe prima ($r=1$) sau pe ultima ($r=n$) secțiune și $\mathrm{ch}x=\frac{a}{2}+1$.

Valoarea parametrului x depinde de capacitățile înfășurării, însă în cazul general aceste elemente ale matricelor pot fi mult mai ușor

obținute prin inversarea expresiilor (9) și (10) cu ajutorul programelor de calcul existente, cuprinse în soft-ware-ul calculatoarelor electronice.

Coeficienții matriciali $\tilde{\alpha}_2$, α_2 reflectă cuplajele inductive ale înfășurărilor fără defect sau cu defect și pot fi exprimați prin următoarele ecuații matriciale:

$$\alpha_2 = DQ_n^{-1} D_t \qquad (13)$$

$$\tilde{\alpha}_2 = \tilde{D}\tilde{Q}_{n-1}D_t \qquad (14)$$

unde:

D este matricea cu două diagonale,

$$D = \underset{(\text{respectiv } \tilde{D})}{} \begin{bmatrix} 1 & -1 & 0 \ldots & 0 & 0 \\ 0 & 1 & -1 \ldots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \ldots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \ldots & 0 & 0 \\ . & . & \ldots . & . & . \\ 0 & 0 & 0 \ldots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \ldots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \ldots & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \ldots & 1 & -1 \end{bmatrix} \begin{matrix} \\ \\ \\ \\ \\ \\ \\ \\ \\ \end{matrix} \; n-1 \text{ (respectiv } n-2) \text{ rînduri}$$

n(respectiv $n-1$) coloane

Q_m este matricea pătratică de ordinul m care caracterizează cuplajele inductive între secțiunile înfășurării:

$$Q_m = \begin{bmatrix} 1 & q & q^2 & \ldots q^{m-2} & q^{m-1} \\ q & 1 & q & \ldots q^{m-3} & q^{m-2} \\ q^2 & q & 1 & \ldots q^{m-4} & q^{m-3} \\ . & . & . & \ldots . & . \\ q^{m-2} & q^{m-3} & q^{m-4} & \ldots 1 & q \\ q^{m-1} & q^{m-2} & q^{m-3} & \ldots q & 1 \end{bmatrix}$$

iar Q_{n-1}, hipermatricea:

$$\tilde{Q}_{n-1} = \begin{bmatrix} Q_{r-1} & O \\ O & Q_{n-r} \end{bmatrix} \qquad (15)$$

Ceilalți coeficienți matriciali (β_1, $\tilde{\beta}_1$ și β_2, $\tilde{\beta}_2$) pot fi scriși în același mod și se utilizează pentru determinarea amplitudinii oscilațiilor.

Modificarea spectrului de frecvență datorită defectului, respectiv sensibilitatea defectoscopiei în funcție de locul de defect și parametrii înfășurării pot fi evaluați prin înmulțirea matricelor în conformitate cu (7) și (8).

Pentru un loc de defect dat, sensibilitatea metodei de detectare a defectului depinde de parametrii înfășurării a și q, așa cum rezultă din figura 3. Cea mai importantă modificare a spectrului de frecvență se produce în timpul defectelor localizate la secțiunile plasate pe extremități.

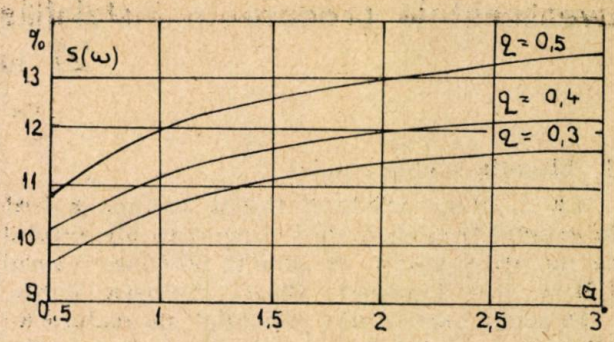


Fig. 3. Modificarea armonicii fundamentale a curentului capacitiv transferat datorită defectării secțiunilor plasate pe extremități.

Modificarea spectrului de frecvență este maximă în secțiunile în care armonicele au valori de vîrf comparabile cu componenta cvasistațională a curentului (secțiunile înfășurărilor cu neutrul pus la pămînt amplasate la extremități și în zone de mijloc).

Aceleași situații se produc dacă componenta capacitivă a curentului (determinată prin capacitățile K) depășește componenta inductivă a curentului cvasistaționar și/sau cînd generatorul de impuls utilizat are energie prea mică.

3. Comentarii finale

a) Metoda de investigație propusă în lucrare poate fi utilizată ca un auxiliar la defectoscopia și diagnosticarea izolației nu numai în cazul înfășurării uniforme, dar și în cazul celor neuniforme.

b) Expresiile analitice deduse în lucrare pentru evaluarea modificării spectrului de frecvențe proprii datorită defectelor mici în izolația longitudinală creează bune posibilități pentru selectarea celor mai sensibile scheme de încercare și de măsură, chiar în fazele de elaborare a construcției.

c) Relațiile matematice și datele experimentale din lucrare se referă la încercarea cu impuls (atmosferic și de comutație) de tensiune. Cu toate acestea metoda matricială dezvoltată în lucrare poate fi utilizată la determinarea mai exactă a curenților de excitație de la încercarea cu tensiune indusă, precum și la defectoscopia și diagnosticarea izolației transformatoarelor și bobinelor de reactanță după proba de scurtcircuit brusc.

Bibliografie

[1] Lovass-Nagy, V. *A matrix method of calculating the distribution of transient voltages in transformer winding.* În: Proc. IEE, 109C, 1962, p. 534—538.

[2] Máthé, B., Costina, D. și Marinescu, A. *Încercarea transformatoarelor. I. Încercarea izolației.* Editura tehnică, București, 1966, p. 273—294.

[3] Máthé, B., *Transformer and reactor insulation diagnosis based on preevaluated oscillograms.* CIGRE. 1982, Raport nr. 12—06.

(Primit la 12 iunie 1982, acceptat la 15 octombrie 1982)

Evenimentele produse în instalaţiile IRE Timişoara ca urmare a furtunii din 27 iunie 1982

Ing. E. Putnoky*

1. Situaţia meteorologică

La 27 iunie 1982, în Banat vremea a fost în general frumoasă, cu temperaturi ale aerului ce au atins valori de 35,6°C la Observatorul I.M.H. din Timişoara de la Pădurea Verde.

În prima parte a zilei perioadele de acalmie au alternat cu cele în care vîntul a suflat moderat din sectorul vestic, cu viteze ce nu au depăşit în Timişoara 2 m/s. Cerul a fost senin şi doar în cea de-a doua parte a zilei a devenit parţial noros.

În jurul orei 19,50 temperatura aerului a scăzut brusc şi a început să bată vîntul cu o intensitate deosebită. S-au înregistrat viteze ale vîntului ce au atins 46 m/s, adică 165,6 km/h la Aeroportul Timişoara, dotat cu anemograf automat din import. Determinarea aceasta a vitezei vîntului s-a făcut la înălţimea de 10,5 m.

Observatorul I.M.H. din Timişoara a înregistrat viteza vîntului din timpul furtunii ca fiind de peste 40 m/s, aceasta fiind valoarea maximă pe care o poate măsura aparatura din dotare.

Din datele I.M.H. rezultă că viteza vîntului creşte odată cu înălţimea, cu 15% la fiecare 10 m, ceea ce înseamnă că în zona Aeroport Timişoara, viteza atinsă de vînt era de circa 52,9 m/s, la 20,5 m înălţime, adică 190,4km/h.

După efectele vîntului asupra copacilor, clădirilor, stîlpilor LEA şi ai celor de telefoane, în alte zone ale municipiului Timişoara şi în localităţile învecinate s-au atins viteze ale vîntului superioare celor înregistrate la aeroport. Distrugerile cele mai mari au fost în satele Covaci, Cernăteaz, Săcălaz, Dudeşti şi în zonele învecinate. În aceste localităţi acoperişurile caselor, grajdurilor CAP şi ale serelor au fost smulse, iar copacii au fost scoşi din pămînt cu rădăcină. Se apreciază că în aceste zone vîntul a atins viteze de 50—55 m/s.

Viteze ale vîntului de peste 40 m/s s-au înregistrat şi la Diniaş, între orele 19,42 şi 20,25, precum şi în judeţul Arad în zona Lipovei.

Vîntul din ziua de 27 iunie 1982 s-a produs ca urmare a pătrunderii violente a unei mase de aer rece, de origine polară, peste aerul tropical cald din zonă, ceea ce a determinat o scădere bruscă a temperaturii, cu circa 14°C, în straturile înalte ale atmosferei, confirmată de Observatorul I.M.H. din Timişoara.

În perioada furtunii direcţia vîntului a fost în general de la sud-vest spre nord-est. În unele zone, ca urmare a existenţei unor obstacole (păduri, dealuri, clădiri etc), direcţia şi intensitatea vîntului au suferit modificări.

Intervalul de timp în care vîntul a bătut cu intensitate mare în judeţul Timiş a fost în jur de 45 min, adică de la ora 19,45 la ora 20,30.

Între orele 19,00 şi 22,50 s-au înregistrat descărcări electrice atmosferice deosebit de intense, la intervale foarte scurte, pe întregul teritoriu al Banatului. S-au mai înregistrat, de asemenea, ploaie torenţială şi grindină.

2. Deteriorări de echipamente constatate pe linii

În ziua de 27 iunie 1982, ca urmare a furtunii, au avut loc ruperi de linii electrice aeriene de 220, 110 şi 20 kV, precum şi de joasă tensiune, s-au înregistrat arderi de transformatoare, spargeri de izolatoare şi scurtcircuitări produse de vegetaţia transportată de vînt în judeţele Timiş, Arad şi Caraş-Severin. Au fost avariate cu ruperi de stîlpi trei linii de 220 kV, şapte linii de 110 kV cu zece circuite şi 43 de linii de 20 kV. S-au deteriorat 15,3 km LEA de 220 kV, 17,1 km LEA de 110 kV şi 55,75 km LEA de 20 kV. La tensiunea de 20 kV au mai fost afectate de defecte pasagere 316 linii. Ca urmare a defectelor persistente sau trecătoare a fost întreruptă alimentarea cu energie electrică la 2 425 de posturi de transformare din 506 localităţi urbane şi rurale, pe durate diferite.

S-au rupt cu prilejul furtunii 55 de stîlpi metalici de 220 kV, în trei zone, 113 stîlpi de metal şi de beton de 110 kV în 14 zone şi 375 de stîlpi de beton de 20 kV în 45 de zone. Pe liniile de 220 kV s-au deteriorat 18 conductoare active de Ol—Al 450 mm², trei de protecţie şi 250 lanţuri de izolatoare (fig. 1). În liniile de 110 kV s-au rupt 36 de conductoare active, opt de protecţie şi s-au spart 399 izolatoare. În liniile de m.t. s-au rupt 173 de conductoare active şi s-au spart 851 de izolatoare.

2.1. *La LEA 220 kV*

La liniile de 220 kV stîlpii au căzut perpendicular pe traseul liniilor, în direcţia vîntului care a cauzat ruperea. Majoritatea stîlpilor au cedat la îmbinarea piciorului de fundaţie cu tronsonul de bază al stîlpilor, zonă în care profilele din oţel ale stîlpilor s-au îndoit şi în unele cazuri s-au rupt. La un număr de trei stîlpi ruperea s-a produs în zona primului tronson de sub consolă.

În zona Staţiei 220 kV Săcălaz (fig. 2) au fost afectate şi fundaţiile, acestea deplasîndu-se la nivelul solului cu circa 20—30 cm, la picioarele opuse căderii stîlpului.

* Ing. Ernest Putnoky este şeful Biroului Tehnic de la IRE Timişoara.

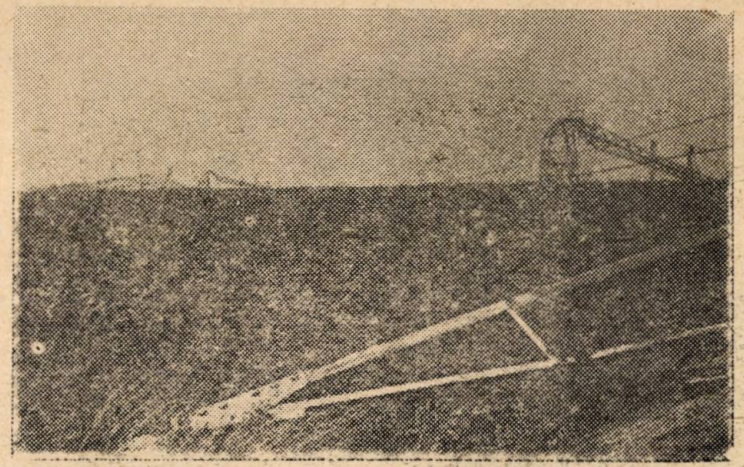


Fig. 1. Vedere de ansamblu din zona Săcălaz. LEA 220 kV Săcălaz-Arad și LEA 110 kV Săcălaz-IMT (trasee paralele).

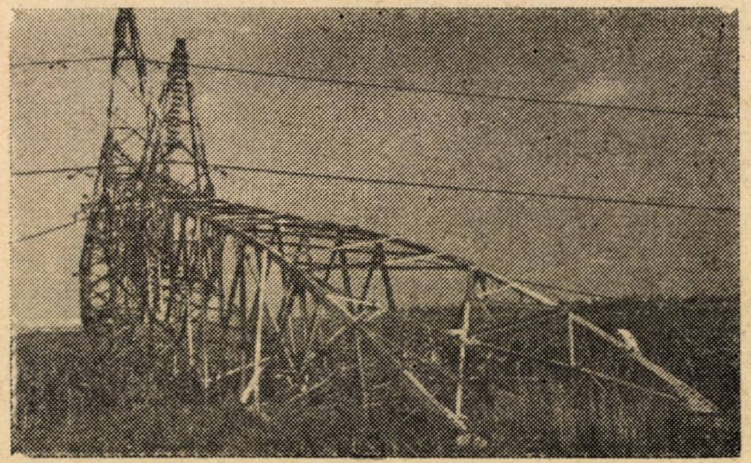


Fig. 2. Zona stației de 220 kV Săcălaz-Timișoara. LEA 220 kV Săcălaz-Timișoara, Săcălaz-Arad, stîlpul nr. 3.

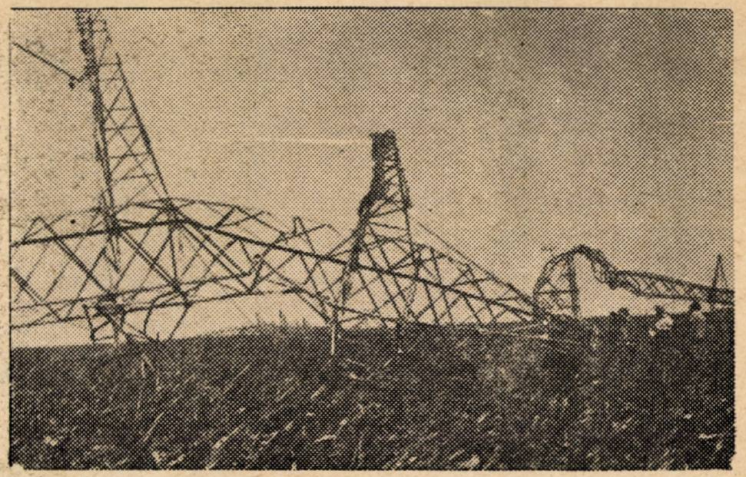


Fig. 3. LEA 220 kV Timișoara-Săcălaz. Stîlpul nr. 3.

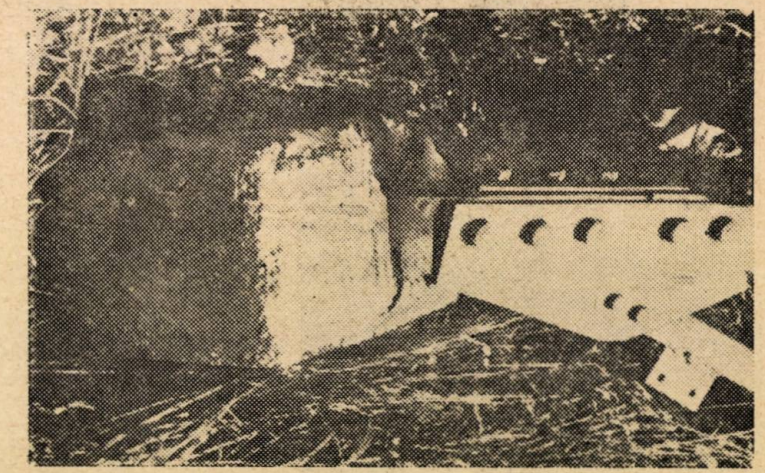


Fig. 4. LEA 220 kV Săcălaz-Arad. Picior de fundație.

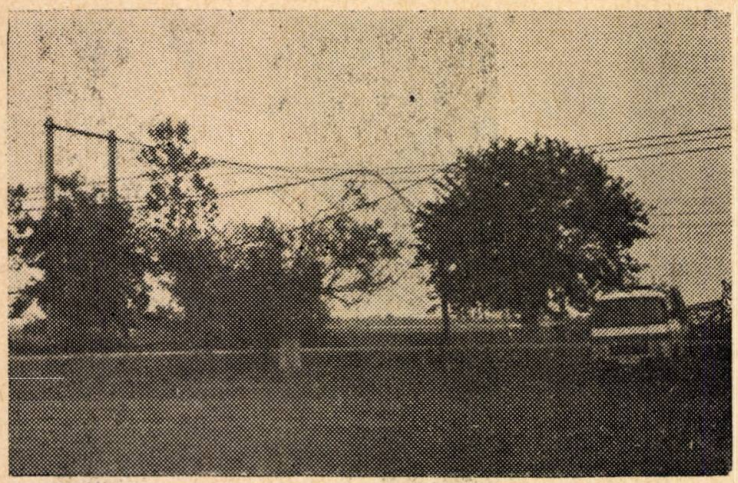


Fig. 5. LEA 220 kV Timişoara-Arad, Săcălaz-Arad. Conductor căzut pe plasa de protecţie.

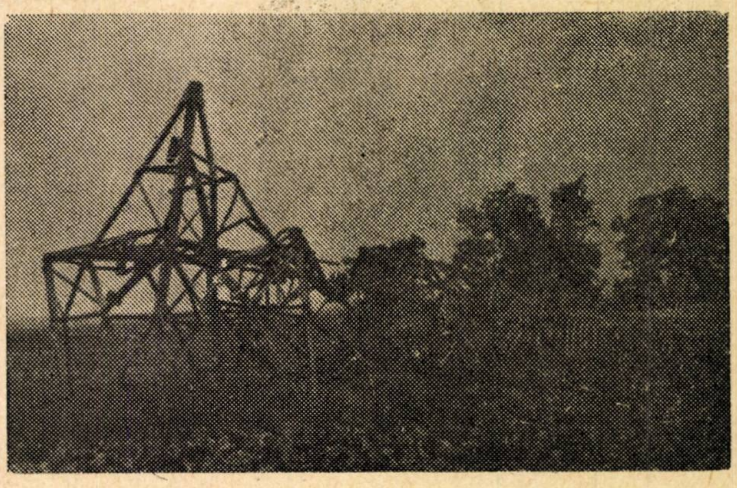


Fig. 6*a*. LEA 220 kV Timişoara-Săcălaz. Stilpul nr. 35.

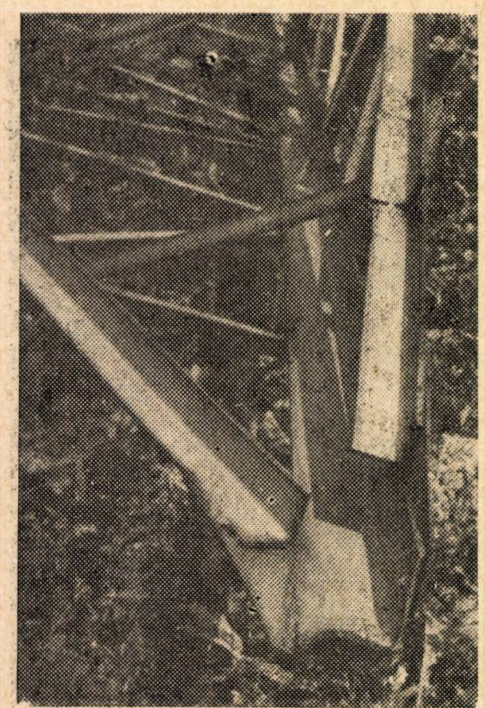


Fig. 6*b*. LEA 220 kV Timişoara-Săcălaz. Picior de stilp.

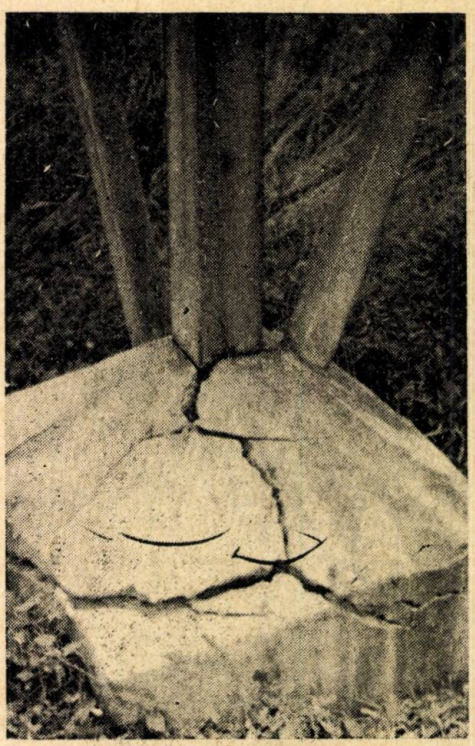


Fig. 6*c*. LEA 220 kV Timişoara-Săcălaz. Căciulă de fundaţie.

Fig. 7. LEA 220 kV Timișoara-Arad. Stîlp căzut peste un adăpost pentru porci la CAP Cernăteaz.

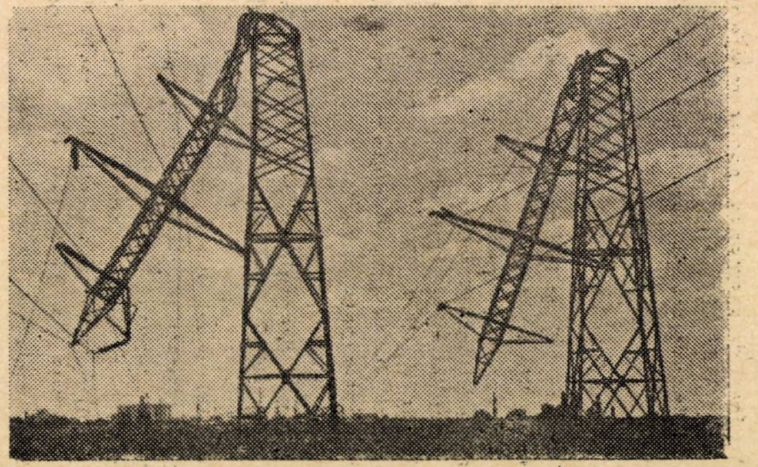


Fig. 8. LEA 110 kV Săcălaz-Solventul. Stîlpii nr. 1 și 2.

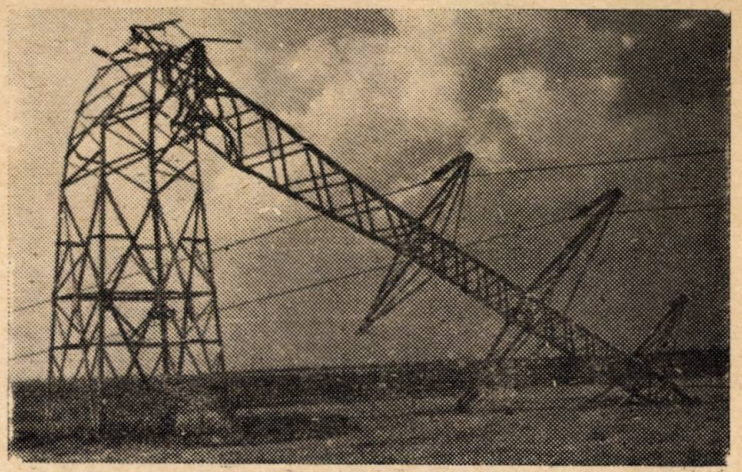


Fig. 9. LEA 110 kV Săcălaz-IMT (Orțișoara). Stîlpul nr. 3.

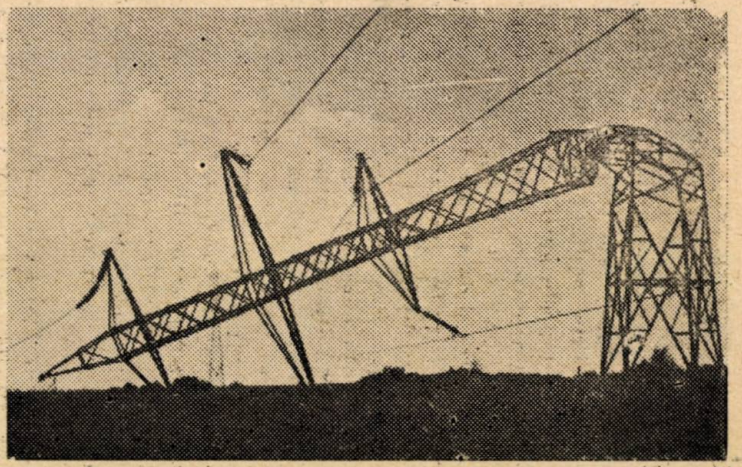


Fig. 10. LEA 110 kV Săcălaz-Cărpiniș. Stîlpul nr. 4.

Se precizează că solul era îmbibat cu apă, pînza de apă fiind observabilă în golurile create lîngă fundații.

Impactul stîlpilor cu solul a produs îndoiri, răsuciri și ruperi ale tronsoanelor și consolelor (fig. 3.4). Prin căderea stîlpilor s-au deteriorat conductoarele active și de protecție, lanțurile de izolatoare și accesoriile (clemă, antivibratoare, balize etc.) (fig. 5).

După urmele de arc electric, foarte puține la număr, s-a putut constata că de regulă au căzut stîlpii din mijlocul zonelor afectate, care au antrenat pe urmă stîlpii învecinați (fig. 6*a*, *b*, *c*) (de exemplu: stîlpul nr. 35 pe LEA 220 kV Timișoara — Săcălaz). Conductoarele au prezentat în secțiunea ruptă conicități caracteristice ruperii prin întindere, respectiv striviri și ruperi ca urmare a căderii stîlpilor.

Este de menționat faptul că în aceste condiții extreme izolatoarele din sticlă s-au comportat din punct de vedere mecanic mai bine decît cele de tipul capă-tijă din porțelan (R.P.U.), spărgîndu-se în număr mai mic la impactul cu solul.

Stîlpii de 220 kV căzuți, cu excepția stîlpului nr. 49 (fig. 7) de pe LEA Săcălaz-Arad, care a căzut pe un grajd al CAP Cernăteaz, nu au deteriorat clădiri sau construcții. Ei au deteriorat însă culturile de grîu, porumb, floarea soarelui, sfeclă și altele peste care au căzut.

La lanțurile de izolatoare de la stîlpii deteriorați s-a constatat că agrafele din locașurile de îmbinare ale izolatoarelor sînt strivite, nu numai ca urmare a căderii lanțurilor, ci și a solicitărilor la încovoiere a lanțurilor sub efectul vîntului.

Au fost, de asemenea, găsite multe izolatoare de tipul VKLS(F) rupte, ca urmare a eforturilor de încovoiere pe care le-au avut de suportat.

2.2. *La LEA 110 kV*

Din cei 113 stîlpi de 110 kV deteriorați de furtună 85 au fost din beton și 28 metalici. Ei au căzut perpendicular pe aliniament, în direcția în care a bătut vîntul. Aspectul stîlpilor metalici rupți este identic cu cel prezentat la liniile de 220 kV (fig. 8, 9, 10). Se precizează că la aceștia deplasările fundațiilor au fost neînsemnate și rare.

La stîlpii din beton ruperea s-a produs la bază sau în dreptul îmbinării tronsonului 1 cu 2. La unii stîlpi rupți s-au constatat deficiențe de fabricație, cum ar fi: utilizarea unor agregate mai mari decît este permis de STAS, neuniformități și neomogenități ale betonului, fisuri și reparații superficiale, ale betonului. În ceea ce privește fundațiile stîlpilor de beton, cu prilejul furtunii au ieșit la iveală deficiențe de execuție pe LEA 110 kV Timișoara-Orțișoara și Cărpiniș-Lovrin, la care unii stîlpi au fundațiile tronconice ,cu baza mare în sus, ceea ce le micșorează momentul de răsturnare.

Conductoarele rupte și izolatoarele deteriorate prezintă aceleași particularități ca cele menționate la liniile de 220 kV.

2.3. *La LEA 20 kV*

Dintre toate instalațiile cele mai numeroase deteriorări s-au înregistrat în liniile de medie tensiune. Ca urmare a defectelor permanente din LEA de 20 kV au fost întrerupte 968 de posturi de transformare afectînd alimentarea cu c.a. a 230 de localități rurale, precum și a periferiei municipiului Timișoara pe durate ce au variat între cîteva ore și cîteva zile.

În rețelele de 20 kV toți stîlpii deteriorați au fost din beton armat centrifugat (fig. 11 *a*, *b*, *c*) sau precomprimat. S-au rupt 165 de stîlpi precomprimați de tipurile SE 1—4, SE 8 și SE 9, 141 de stîlpi centrifugați de tipul SC 15004 și 68 de stîlpi centrifugați de tipul SCS 35001 pe o linie de 35 kV care funcționează acum la 20 kV. Se remarcă slaba comportare a stîlpilor precomprimați, care a dus la extinderea zonelor afectate de ruperi de stîlpi.

La o bună parte din stîlpii rupți s-au constatat deficiențe de fabricație care au favorizat ruperea și anume: fisuri de contracție în beton în dreptul etrierelor, armături excentrice, armături insuficiente acoperite cu beton, agregate mai mari decît cele admise, incluziuni de corpuri străine în masa betonului (așchii de lemn etc.), ciment de slabă calitate, care duce la fărîmițarea betonului, compactare neomogenă, în straturi, a betonului la stîlpii centrifugați și altele.

Este de menționat faptul că s-au găsit în stîlpii rupți și cîteva armături pretensionate cu secțiunea redusă circa 20%, prin ruginire, ca urmare a pătrunderii apei de ploaie, prin fisurile betonului. Ruperea armăturilor stîlpilor nu s-a produs însă în dreptul secțiunilor reduse, ceea ce denotă că acestea nu au constituit un element favorizant al deteriorării.

Ruperea stîlpilor de medie tensiune s-a produs de regulă la o înălțime cuprinsă între 50 și 100 cm de la căciulă, cu mici excepții, cînd ruperea s-a produs chiar la bază sau în porțiunea de sub consolă. În aceste din urmă cazuri s-au constatat defecte ale stîlpului ce au determinat ruperea.

În multe cazuri stîlpii s-au rupt ca urmare a căderii directe pe ei sau pe conductoare a unor arbori smulși și transportați de vînt.

Au fost și situații în care ruperea a fost cauzată de căderea liniilor de înaltă tensiune peste cele de medie tensiune (de exemplu: LEA 20 kV Dumbrăvița, ruptă în urma căderii conductoarelor LEA 220 kV Timișoara-Săcălaz, LEA 20 kV Avicola Dumbrăvița ruptă de aceeași linie de 220 kV și altele).

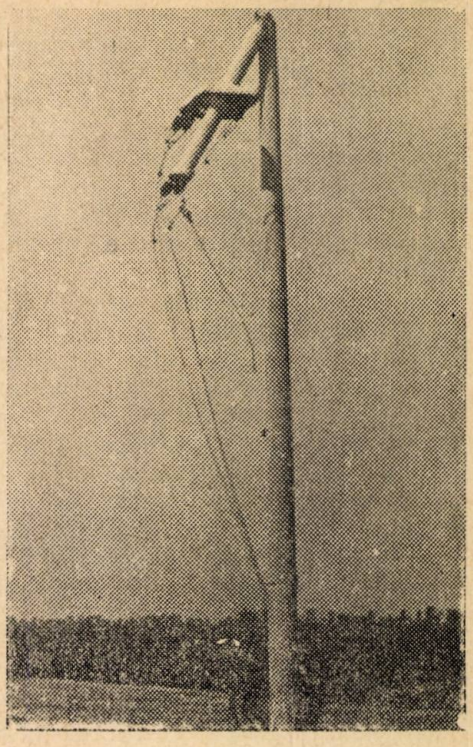


Fig. 11 *a, b, c.* LEA 20 kV Avicola Giarmata. Stîlpi de beton centrifugat.

Cu excepţiile arătate mai sus, majoritatea stîlpilor de medie tensiune au fost rupţi de vînt, ei căzînd perpendicular pe aliniamente, în direcţia vîntului.

S-a constatat, de asemenea, nefuncţionarea clemelor de alunecare ,deci nu a fost descărcat conductorul şi stîlpii adiacenţi de tracţiune, avariindu-se în acest fel şi stîlpii învecinaţi celor care au iniţiat ruperea.

S-au găsit multe suporturi de la izolatoarele IsNs îndoite din cauza eforturilor ce au apărut în conductoare.

3. Cauzele avariilor şi ale incidentelor

Liniile electrice aeriene de 220 kV afectate de vînt în ziua de 27 iunie 1982 au fost proiectate pentru a rezista la o forţă rezultată din acţiunea vîntului de maximum 35 m/s, ceea ce corespunde — dacă se ia în consideraţie şi coeficientul de siguranţă — la o viteză-limită de 42 m/s, mult inferioară celei de 50—55 m/s, atinsă de vînt, şi celei de 46 m/s, înregistrată la Aeroportul Timişoara. În mod similar se prezintă şi situaţia la liniile de 110 şi 20 kV, care au fost proiectate pentru a rezista la maximum 32 m/s, adică pentru o viteză de 27 m/s, fără a ţine seama de coeficientul de siguranţă.

În toate zonele afectate s-a remarcat că direcţia vîntului a fost perpendiculară pe axul LEA în porţiunile de linie cu stîlpi rupţi, cu abateri de maximum 10—20°. Se remarcă, de asemenea, că în porţiunile de traseu pe care vîntul a bătut în lungul liniei nu s-au înregistrat deteriorări.

La liniile de 110 și 20 kV, cu stîlpi din beton deteriorările s-au extins din cauza deficiențelor de fabricație ale stîlpilor, a ineficienței clemelor de alunecare, cît și ca urmare a reglementărilor actuale privind defrișările, care permit ca în zona LEA să existe arbori ce prin cădere pot afecta conductoarele sau stîlpii. Se precizează că defrișările au fost executate în conformitate cu prevederile Decretului nr. 237/1976.

În urma concluziilor rezultate din analiza acestei avarii, precum și a unor avarii similare înregistrate în luna noiembrie 1981 în zona Focșani—Buzău—R. Sărat, caracterizate prin deteriorarea masivă a liniilor aeriene de medie tensiune prin circulara tehnică CT 3/82 a M.E.E. s-au făcut precizări privind aplicarea normativului PE 104/79, în sensul dimensionării liniilor aeriene de medie tensiune din zonele menționate ale județelor Caraș-Severin Timiș și Arad, precum și din județele Vrancea și Buzău, în condiții de calcul mai severe.

4. Alte constatări și concluzii

În județul Timiș vîntul nu a mai atins o asemenea intensitate decît în urmă cu 51 ani, la 25 iunie 1931.

Valori apropiate ale vitezei vîntului s-au atins cu o frecvență mai mare (38,6 m/s — 138,9 km/h, în 19 august 1960 la Timișoara, 122 km/h, în 9 aprilie 1970 la Sînnicolaul Mare, peste 40 m/s, în 07.06.1979, cînd s-au rupt mai mulți stîlpi de 110 kV lîngă Stația de 220 kV Săcălaz și altele).

Deși compararea intensităților furtunilor nu se poate face decît pe baza aprecierii efectelor acestora, rețeaua I.M.H. neavînd posibilitatea să măsoare viteze de vînt peste 40 m/s, rezultă că depășirea condițiilor de calcul al rețelelor din zona Timișoara se produce mai des decît o dată la 10 ani ceea ce justifică trecerea ei ei din zona meteorologică 2 în 1.

Rețeaua I.M.H. este deficitară sub aspectul posibilităților de măsurare a vitezelor vînturilor de peste 40 m/s, neavînd aparate înregistratoare adecvate.

Anemograful din microstația meteorologică a întreprinderii noastre fiind acționat în c.a. din serviciile interne ale Stației 110 kV Bocșa nu a înregistrat fenomenele din cauza dispariției tensiunii de alimentare.

Funcționarea grupurilor electrogene destinate să suplinească lipsa serviciilor interne de c.a. nu este sigură. Unele se încălzesc excesiv, dacă sînt puse în situația de a funcționa un timp mai îndelungat, iar grupul din Stația de 220 kV Timișoara, a prezentat defecțiuni la releul de tensiune minimă, care i-a provocat declanșări repetate.

Protecțiile prin relee și automatizările au funcționat în general bine.

S-a mai constatat că, în condițiile unui vînt puternic, soluția de realizare a iluminatului exterior din stații cu lămpi tronconice nu corespunde, fiind chiar periculoasă. Capacele din tablă emailate ale dispersoarelor au fost smulse de vînt și purtate prin stații, creînd pericolul provocării unor scurtcircuite și deteriorări de echipamente.

În perioada de timp de după furtună personalul de intervenție al întreprinderii din orașe și municipii a fost mult solicitat de unități dotate cu grupuri proprii și surse de rezervă pentru trecerea pe aceste surse. Deși aceste unități dispun de personal propriu de întreținere și exploatare a grupurilor proprii, nu au organizată intervenția în condiții deosebite (în schimburile II și III), solicitînd personalul întreprinderii noastre tocmai în situațiile cele mai dificile.

Cu prilejul furtunii s-au produs defecte în 4 040 de puncte ale rețelei de joasă tensiune, în majoritate afectînd mai mulți consumatori, din care 2 618 de asemenea defecte în mediul urban și 1 422, în mediul rural. Au fost rupte 1 695 de conductoare ale LEA de j.t. și încurcate 369. S-au rupt, de asemenea, 849 de branșamente.

Majoritatea deteriorărilor pe liniile de j.t. s-au produs ca urmare a căderii copacilor sau a unor crengi peste conductoare.

(Primit la 14 august 1982, acceptat la 18 octombrie 1982)

A Bicriteria Approach to Cycle Conversion Optimization

Mihail V. Stoica

Management Department, Faculty of Power Engineering, The Polytechnical Institute of Bucharest, Romania

The Time Factor. Its Importance in Characterising a Conversion Process

Primary energy conversion into energy vectors (e.g. electric power) can be achieved by different ways and by different engine types. The comparison between energy conversion cycle engines is usually done by means of an ideal engine which has all transformations reversible and is therefore characterised by maximum efficiency (i.e. engine operating on Carnot cycle). The cycle presented in Figure 1 operates between two temperatures T_1 and T_2 which are to be infinitely close to T_H and T_C the hot source and the could source temperatures respectively (the dashed lines). Practical achievement of such an engine is impossible and even if it could be possible, one has no interest to use it. Indeed, the conversion of a finite quantity of energy, even a very small one, implies an infinite time interval to get useful work out of it; T_1 very close to T_H and T_2 to T_C need a heat transfer to last for an indefinitely long time. For practical reasons it is important to obtain useful energy in a time interval as small as possible. It follows that TIME has an important significance for energy conversion.

Several recent studies on thermodynamic aspects of energy conversion were developed by Kreider (1981) [1], Voigt (1980) [2], Georgescu-Roegen (1978, 1979) [3], [4]. Most of them (e.g. [5] [6] [7]) do underline the importance of time in thermodynamic processes. Rotty shows that any task performed in a finite time interval will have an internal irreversibility which increases in *some unspecified way* the faster the task is performed. A rapidly performed task (less eficient thermodynamically) may be overall more useful than would be the more slowly performed task.

The unspecified way of irreversibility evolution was overpassed by Purica (1981, 1982) [8] [9] by his Minimum Noncompensated Action Principle (MNAP). The principle can be used to determine (together with an original application to the Prigogine-De Groot theorem) the maximum power cycle.

The Maximum Power Cycle

The cycle in Figure 1 with non-negligible temperature differences $T_H - T_1$ and $T_2 - T_C$ has a finite time interval. Considering negligibles the expansion and compression time intervals as compared to the izothermal heat transfer, assuming the global heat transfer coefficient K as constant, then for cycles with the same heat input Q_1 one may deduct the necessary conditions (temperature values) corresponding to the maximum power [7]. The expressions for cycle time interval and available power per cycle are given in relations (1) and (2). The Power attains its maximum value (relation 4) when $\frac{\partial P}{\partial T_1} = 0$ and $\frac{\partial P}{\partial T_2} = 0$. The conversion efficiency for maximum power is given by relation (6). Computing the entropy variations (relation 7) and using (8) one may get relation (9). If we put $\delta E^{ir} = \delta S^{ir} T^*$ then we may define [8] the product $\delta E^{ir} \tau^*$ as the noncompensated action (see also [7]). Now it is possible to formulate the MNAP as:

„Within a finite time interval cycle the variation of the noncompensated action is null if the conversion system operates at maximum power".

However, the reciprocal is not true since the principle gives only a single relation between temperatures $\frac{T_1}{T_2} = \sqrt{\frac{T_H}{T_C}}$.

The second relation nedeed for the maximum power cycle evaluation is given by an original appliance to the Prigogine-De Groot theorem for closed systems [8].

Finally, one may conclude that the MNAP offers a reference point for the comparison of different cycle conversion engines. It stands as an important criterion for cycle comparison *besides* the one offered by the reversible Carnot engine. Next we shall see why *besides* and not *instead*.

Bicriteria Cycle Optimization

The graphic representation of the power versus cycle time interval is given in Fig. 2. The power dependence on time is pointed out for T_1 raising from $\frac{T_H + T_C}{2}$ to T_H and simultaneously T_2 getting down from $\frac{T_H + T_C}{2}$ to T_C. For $T_1 = T_2 = \frac{T_H + T_C}{2}$ we get $\tau = \tau_{min}$ and the cycle degenerates into two superpositioned izothermal processes (see fig. 1). No energy and no power is available. For $T_1 = T_H$ and $T_2 = T_C$ we get $\tau = \infty$. This is the Carnot cycle which has maximum efficiency and therefore maximum useful energy (since we consider for all cycles the same heat input) but the available power is again null. It is to be noticed that the power function has a single maximum for $\tau = \tau_{opt}$. The graphic representation of the energy per cycle versus the cycle time interval is shown in Fig. 3 for the same temperature variations. Energy is a monotonous function of time and gets its single maximum for $\tau = \infty$ (the Carnot cycle).

As already suggested, an energy cycle conversion process may be analysed from two points of view depending on the way useful energy is to be obtained: a) conversion with maximum available power per cycle and b) conversion with maximum efficiency (maximum available energy per cycle). Each viewpoint implies a criterion for cycle comparison and thereby, a comparison between different energy conversion engines or even between different energy resources (for the same engine).

Neither the power maximization (giving the maximum power cycle) nor the efficiency maximization (giving the Carnot cycle) can be set up as the single criterion governing cycle processes. Each has its shortcomings. The first involves operation with low efficiency and therefore wastes the available finite resources; the second implies an infinite cycle time interval, i.e. no useful work can be done in a finite time.

Therefore it would be highly desirable to design an engine working with high efficiency and concomitantly getting maximum work in a finite time, i.e. an engine using a conversion cycle which is the best energy (efficiency) — power compromise.

The answer to such a problem involves a bicriterial approach and therefore some multicriteria decision making concepts are to be used.

The „best cycle" is to be found among „good cycles" which are elements of the set of nondominated solutions of the problem. In Figure 4 one may observe the two particular points — the maximum power and the maximum energy cycles — which give the criteria of judgement. All cycles between these two points constitute themselves into the set of nondominated solutions and are therefore „good cycles". The good cycles are characterised by values for the available power per cycle and the useful energy both less then P_{max} and E_{max}. As it seems by intuition the best cycle is to be found closer to P_{max} then to E_{max}. The choice of the good cycles and then among them of the best cycle frames into the soc-alled Vector Maximization Problem (VMP)

The general mathematical model of such a problem is given by relation (11).

A methodology was set up to solve such a problem based on the Hölder norm for distances evaluation in R^m, the space of criteria. The methodology uses some elements from [12] and [14]. It is particularly suitable to solve the cycle bicriteria optimization problem stated above. The aim of the solving procedure consists of setting up an ideal point within the criteria space. The ideal point represents a „Demon" cycle working at the same time with Carnot efficiency and maximum power (see Fig. 5). Nevertheless, this ideal cycle constitutes an excellent reference point and real cycles which are closer to it are „better" than the farther ones. By this way a hierarchy of cycles using the same hot and cold sources is achieved.

The solving of the optimization problem requires power and energy normalization. It can be achieved by different ways all involving a diffeomorphism $\varphi : I \to [0,1]$, where I is the domain of interest (here the power and energy values domain). Relations (15) to (19) present the expressions for power, energy, cycle time interval, noncompensated action, entropy growth and its speed of growth.

A computer package was elaborated using the BASIC language and several interactive facilities in order to evaluate the main cycle parameters and to solve the above presented optimization problem.

Optimization Results. Cycles with $T_H = 2000°K$ and $T_C = 300°K$

Sample results are presented for cycle optimization assuming the cold source temperature as given by the environment, say 300°K and the hot source temperature given by the one existing in the boiler furnance, say 2000°K. We assume the conversion system (boiler, turbine, condenser) operates on a „Carnot type" cycle (as in fig. 1). Thus, by applying relations (3) and (6), it follows that the maximum power cycle operates with the temperature couple $T_1 = 1387$ K ; $T_2 = 537$ K and its efficiency is 72 % from the one of the Carnot cycle. The search for a good cycle may be done in several ways. Here we exemplify it either by raising T_1 if $T_2 = ct.$ or by decreasing T_2 with $T_1 = ct.$

Tabel 1 gathers values for the parameters characterising cycles obtained by raising T_1 by 200 K, step 10, from the $(T_1^*$ value. The power $P(T_1, T_2)$ is decreasing from 1. to 924 in relative units), while the useful energy $E(T_1, T_2)$ is raising its value from 72 to 775. The optimal cycle obtained using the computer codes is given by $T_1 = 1477$ K and $T_2 = 537$ K, i.e. the 10th alternative. Thus a gain in useful energy of 2.77 % is obtained by losing 1.6 % of the available power. The cycle time period is by 5.5 % longer. There are presented also the other parameter values : $S(T_1, T_2)$ the entropy variation, $V(T_1, T_2)$ the speed of the entropy variation and $A(T_1, T_2)$ the noncompensated action.

A second possibility of optimization is presented in table 2. The alternatives are obtained now by raising T_2 from 300°K to 500°K. The optimal cycle lies somewhere between the 17th and the 18th alternatives i.e. T_2 from 460 to 470°K. Thus the gain in useful energy is of 5.7 % as compared to the maximum power cycle (alternative 1 in table 1).

Further on we shall consider the upper temperature T_1 to be equal to the steam temperature at the output of the boiler, currently 800 K. We shall try to learn, using the optimization procedure ,what is happening for a T_2 variation and which is its best figure, i.e. the one that gets the (800°K, T_2) optimal cycle. One has to try all temperatures from 300°K up to 800°K, but for practical reasons it is convenient to stop somewhere before 500°K. This gives an optimization horizon that is good enough containing all possible optimal cycles (table 3). The optimal cycle lies somewhere between the 11th and the 14th alternatives. By losing 16—18 % of the useful energy as compared to the $T_2 = 300$ K cycle one has available 50 % of the maximum power (and not a null one as it is the case for $T_2 = 300$ K).

The outcome of the last example gives a practical advice : do not decrease T_2 too close to T_c because no more practical outpt is obtained.

Although these results are obtained with a Carnot type cycle (i.e. defined by two izothermal and two adiabatic-izentropic transformations) and not with a Rankine one, they are quite general and may be applied in power plant operation. A step further, but a very difficult one, is to apply such an optimization procedure to a Rankine cycle, i.e. on a real power plant cycle.

Acknowledgments

I want to thank professor I. Purica who gave me encouragement and support in the development of the ideas presented in the paper.

Optimizarea bicriterială a proceselor de conversie ciclică a energiei

Mihail V. Stoica *

Introducere

Lucrarea abordează într-un mod original conversia ciclică a energiei din forme primare (cărbune, petrol, gaz etc.) în lucru mecanic. Se are în vedere faptul că analiza (și în final compararea) mașinilor de conversie ciclică a energiei se poate face ținînd seama, în principal, de două puncte de vedere conform cu modul de obținere a energei utile :

a) conversia urmărind obținerea unei cantități maxime de energie pe ciclu (deci la randament maxim) ;

b) conversia la puterea maximă disponibilă pe ciclu.

Fiecare punct de vedere se constituie într-un criteriu de comparare a diferitelor cicluri posibile și, prin ele, a diferitelor resurse energetice. Pe de altă parte, fiecare criteriu prezintă anumite dezavantaje. Astfel a) implică o durată infinită de ciclului, deci obținerea unui efect util într-un timp infinit de lung, iar b) nu utilizează în mod economic resursa disponibilă (deci randament scăzut). De aici ideea unei optimizări bicriteriale putere-energie.

S-a elaborat o metodologie care să permită înglobarea celor două criterii într-unul singur, pentru a facilita o analiză pertinentă a diferitelor cicluri de conversie. Metodologia și algoritmul operațional de calcul au un cîmp mai larg de aplicare determinînd soluții pentru mai multe tipuri de probleme multicriteriale. Pentru calculul ciclurilor și în vederea optimizării multicriteriale s-a elaborat un set de programe de calcul în limbaj interactiv. Acest tip de calcul face posibil un studiu comparativ al modului de comportare al diferitelor mărimi

* Institutul politehnic București, Facultatea de energetică.

caracteristice : energia și puterea disponibile pe ciclu, durata ciclului, acțiunea necompensată, entropia, viteza de variație a entropiei.

Lucrarea este o continuare și o generalizare a abordării din [9], unde s-a avut în vedere un caz particular.

Factorul timp. Importanța sa în caracterizarea unui ciclu de conversie

Conversia ciclică a energiei primare în forme utile transportului sau utilizării se poate face pe diferite căi și cu ajutorul diferitelor tipuri de mașini energetice. Compararea ciclurilor de conversie se obișnuiește să se facă prin intermediul unei mașini ideale, în care toate transformările sînt reversibile, caracterizată de un randament maxim. De exemplu, mașina ideală ce utilizează ciclul din figura 1 folosește un fluid de lucru între două temperaturi T_1 și T_2 ce se cer a fi infinit de apropiate de T_H și T_C, temperaturile sursei calde și respectiv sursei reci*. Realizarea practică a unei astfel

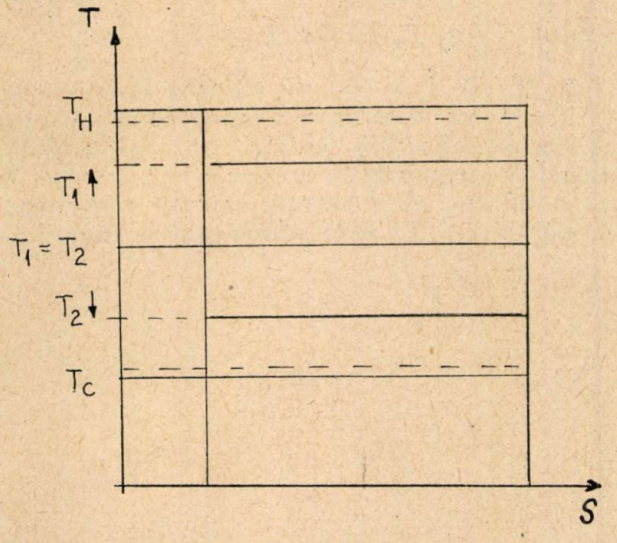


Fig. 1

de mașini este imposibilă și, chiar dacă ar fi posibilă, ea nu este de dorit. Conversia unei cantități finite de energie, oricît de mică ar fi ea, presupune o durată infinită a ciclului. Într-adevăr, T_1 foarte apropiat de T_H și T_2 de T_C impun ca transferul de căldură, la și de la sistemul de conversie, să dureze un timp infinit de lung. Cum pentru aplicațiile practice importantă este întotdeauna obținerea unei cantități de energie utile pentru o durată finită a ciclului, rezultă că factorul TIMP, în cazul de față durata ciclului de conversie, capătă o importanță foarte mare în caracterizarea și compararea diferitelor cicluri.

Faptul că timpul joacă un rol important în cadrul proceselor de conversie a fost remarcat în literatura de specialitate, de exemplu în [1] [2] [3] [4] [5] [6]. Rotty a mers cel mai departe în acest sens, arătînd că „...reversibilitatea implică un proces infinit de lent. Atunci, orice proces desfășurat într-un timp finit va fi „intern" ireversibil, iar gradul de ireversibilitate crește într-un mod *nespecificat* cu cît procesul decurge mai repede". Această nespecificare a fost depășită prin formularea Principiului acțiunii necompensate minime de către I. Purica [7], principiu cu ajutorul căruia se poate determina ciclul de putere maximă.

Ciclul cu durată finită și putere maximă

Fie transformarea ciclică din figura 1. Dacă $T_1 < T_H$ și $T_2 > T_C$, iar diferențele între temperaturi nu sînt neglijabile, atunci durata ciclului este finită. Făcînd ipoteza că durata unei destinderi sau comprimări adiabate este neglijabilă în raport cu un transfer de căldură izoterm și presupunînd constant coeficientul de transfer de căldură K, se pot deduce condițiile care permit funcționarea la putere maximă [7] [8]. Expresiile pentru durata ciclului și putere sînt date de

$$\tau = \frac{Q_1}{K}\left[\frac{1}{T_H - T_1} + \frac{T_2}{T_1}\frac{1}{T_2 - T_C}\right] \qquad (1)$$

$$P = K\frac{(T_1 - T_2)(T_H - T_1)(T_2 - T_C)}{T_2 T_H - T_1 T_C} \qquad (2)$$

Se observă că puterea nu este dependentă de cantitatea de căldură intrată în ciclu. După cum rezultă din [7] puterea are un maxim pentru temperaturile care satisfac condițiile $\frac{\partial P}{\partial T_1} = 0$; $\frac{\partial P}{\partial T_2} = 0$
Se obțin a valorile

$$T_1^* = \frac{T_H}{2}\left(1 + \sqrt{\frac{T_C}{T_H}}\right);$$

$$T_2^* = \frac{T_C}{2}\left(1 + \sqrt{\frac{T_H}{T_C}}\right) \qquad (3)$$

Valoarea maximă pentru putere este dată de

$$P_{max} = \frac{K}{4}\left(1 - \sqrt{\frac{T_C}{T_H}}\right)(T_H - \sqrt{T_H T_C}) \qquad (4)$$

* Pentru cele ce urmează se va considera un ciclu format din două izoterme (pentru schimburile de căldură) și două adiabate izentrope. Pentru cazul $T_1 = T_H$ și $T_2 = T_C$ ciclul devine un ciclu Carnot.

și are loc pentru o durată a ciclului de

$$\tau^* = \frac{Q_1}{K} \cdot \frac{4}{T_H - \sqrt{T_H T_C}} \qquad (5)$$

Randamentul conversiei devine

$$\eta^* = 1 - \sqrt{\frac{T_C}{T_H}} < \eta_{Carnot} = 1 - \frac{T_C}{T_H} \qquad (5)$$

și se observă că este mai mic decît randamentul Carnot.

Procesele de transfer de căldură la și de la sistemul de conversie sînt caracterizate prin variații de entropie ce conduc la o creștere totală de entropie pe ciclu

$$\delta S^{ir} = Q_1 \left[\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_H} + \frac{T_2}{T_1} \left(\frac{1}{T_C} - \frac{1}{T_2} \right) \right] \qquad (7)$$

Pe de altă parte, ținînd seama de relația

$$\frac{Q_2}{Q_1} = \sqrt{\frac{T_C}{T_H}} \qquad (8)$$

valabilă la puterea maximă rezultă

$$\delta S_1^{ir} T_1^* \tau_1^* = \delta S_2^{ir} T_2^* \tau_2^* \qquad (9)$$

Se definește expresia $\delta S^{ir} \cdot T^* = \delta E^{ir}$ drept căldură neconsumată sau energie necompensată [7], iar produsul $\delta E^{ir} \cdot \tau^*$ drept acțiune necompensată. Avînd în vedere terminologia din [8] se poate formula următorul principiu:

Variația acțiunii necompensate totale într-un proces de conversie ciclică este nulă dacă sistemul funcționează la putere maximă.

Reciproca nu este adevărată, principiul acțiunii necompensate minime fixînd doar o relație între temperaturi $T_1/T_2 = \sqrt{T_H/T_C}$ prin intermediul căreia se poate determina randamentul conversiei, dar care este insuficientă pentru determinarea univocă a temperaturilor. Cea de-a doua relație se obține prin aplicarea teoremei lui Prigogine adaptată pentru sistemele închise [8]. Ținînd seama de relațiile (1) și (7) se poate determina viteza de creștere a entropiei

$$\sigma = K \left(1 - \frac{T_1}{T_H} \right) \left(\frac{T_2}{T_C} - 1 \right) \qquad (10)$$

Dacă sistemul de conversie satisface teorema Prigogine, atunci valorile temperaturilor T_1 și T_2 care minimizează $\sigma(T_1, T_2)$ sînt $T_1 = T_H$ și $T_2 = T_C$, deci se obține ciclul Carnot ($\sigma = 0$). Acceptarea simultană a principiului acțiunii necompensate minime și a teoremei Prigogine conduce, așa cum rezultă din [8], la determinarea temperaturilor ce fixează ciclul de putere maximă.

În concluzie se poate afirma că ciclul de putere maximă se poate constitui drept referință pentru compararea diferitelor mașini de conversie ciclică a energiei. Conversia la puterea maximă disponibilă pe ciclu devine astfel un criteriu important pentru procesele de conversie, *alături* de cel oferit de mașina reversibilă ce funcționează la temperaturi infinit de apropiate de temperaturile sursei calde și sursei reci (deci care funcționează cu randament maxim De ce *alături* și nu *în loc de* vom vedea în cele ce urmează.

Optimizarea bicriterială a ciclurilor de conversie

Reprezentarea grafică a variației puterii disponibile în funcție de durata ciclului τ (pentru valori date pentru T_H și T_C) este prezentată în figura 2 și presupune o variație a temperaturilor T_1 și T_2 de la $T_1 = T_2 = \frac{T_H + T_C}{2}$ la $T_1 = T_H$ și $T_2 = T_C$. Se observă că maximul pentru putere este unic și independent de cantitatea de căldură Q_1 preluată de la sursa caldă. Reprezentarea grafică a energiei în funcție de τ, avînd în vedere aceeași variație a temperaturilor T_1 și T_2, este prezentată în figura 3.

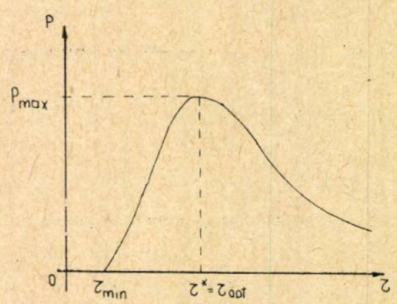


Fig. 2

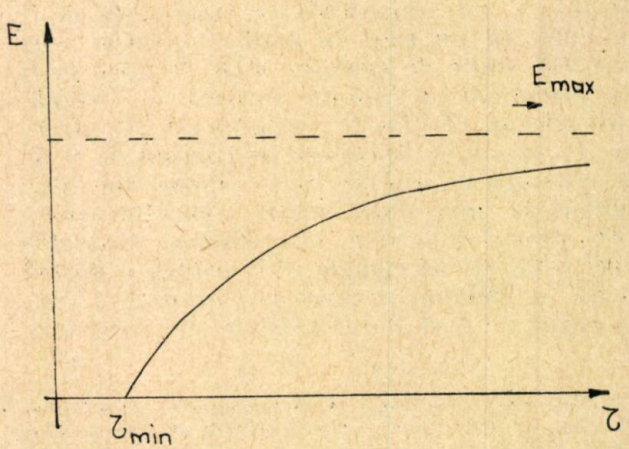


Fig. 3

Se observă că și maximul pentru energie este unic și se atinge pentru $\tau \to \infty$ (ciclul Carnot).

Din cele arătate mai sus, precum și din cele prezentate în paragrafele precedente, rezultă că procesul de conversie ciclică a energiei poate fi analizat din două puncte de vedere, conform cu modul de obținere a energiei utile:

a) conversia urmărind obținerea unei cantități maxime de energie;

b) conversia la puterea maximă disponibilă pe ciclu.

Fiecare punct de vedere se constituie într-un criteriu de comparare a diferitelor cicluri posibile și, prin ele, a diferitelor resurse energetice. Fiecare criteriu are un dezavantaj major. Astfel a), cu toate că presupune funcționarea la randament maxim și deci utilizează în mod rațional resursa, implică o durată infinită a ciclului, rezultînd un efect util nul; b) produce un efect util maxim într-un timp finit, dar presupune un randament scăzut și prin urmare, nu utilizează în mod optim resursa aflată la dispoziție.

Ar fi de dorit construirea unei mașini care să îmbine o folosire cît mai economică a resursei, cu obținerea unei cantități cît mai mari de energie într-un timp finit. Aceasta presupune o abordare bicriterială și aflarea unei soluții pentru o astfel de problemă presupune utilizarea unor concepte din cadrul teoriei deciziei multicriteriale.

Reprezentarea grafică simultană a puterii și energiei utile pe ciclu în funcție de durata ciclului (fig. 4) evidențiază foarte bine aspectul

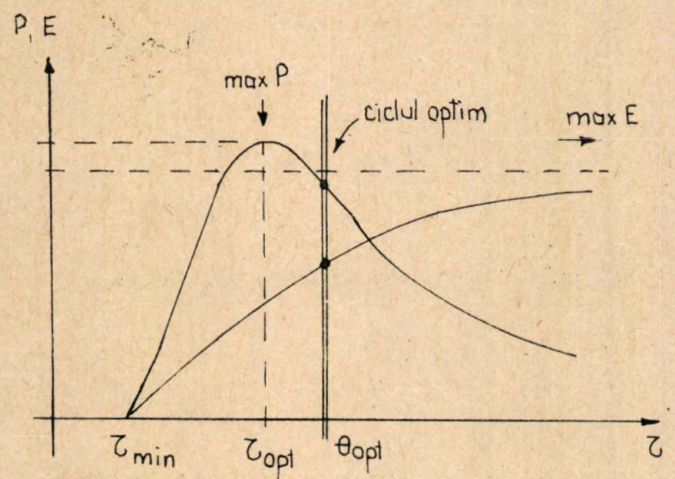


Fig. 4

bicriterial al problemei. Mulțimea ciclurilor între ciclul de putere maximă și cel de energie maximă se constituie în mulțimea de soluții nedominate ale problemei. Ciclul optim se va afla deci undeva între ciclul de putere maximă și cel de energie maximă ($\tau = \theta_{opt}$), fiind caracterizat prin puterea P și energia E, ambele mai mici decît P_{max} și E_{max}.

Din cele expuse rezultă că alegerea ciclului optim se încadrează în așa-numita „Problemă de Maximizare a Vectorului "(PMV), problemă ce presupune găsirea extremului unei funcții vectoriale de variabilă vectorială supusă unui set de restricții.

$$\begin{cases} max\ \underline{f}(\underline{x}) \\ \underline{g}(\underline{x}) \leqslant 0,\ \underline{x} \in \mathbb{R}^n \end{cases} \qquad (11)$$

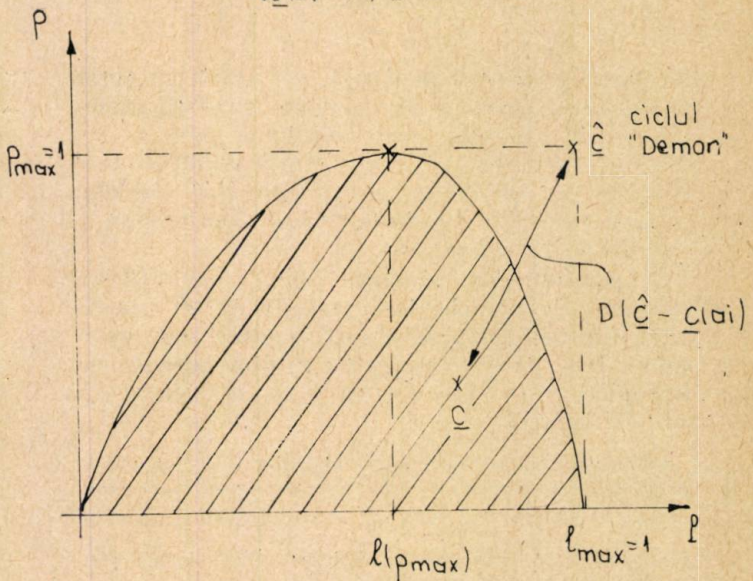


Fig. 5

Pentru rezolvarea PMV cu aplicație directă la optimizarea ciclurilor de conversie s-a elaborat o metodologie prezentată pe larg în [11], folosind unele elemente din [12] și [14]. Metodologia și algoritmul de calcul asociat ei are însă un domeniu mai larg de aplicare, făcînd posibilă rezolvarea unor diverse tipuri de probleme de optimizare multicriterială [10].

Metodologia constă în principal în determinarea unui punct ideal în spațiul criteriilor (spațiul soluțiilor; vezi fig. 5). Astfel, punctul ideal pentru problema de optimizare a ciclurilor de conversie este reprezentat de un „ciclu Demon", ciclu care să lucreze simultan la putere maximă și la randament maxim. Cu toate că reprezintă un punct de funcționare imposibil de realizat în practică pentru o mașină energetică, totuși el constituie un excelent punct de referință; ciclurile reale mai apropiate de el sînt mai „bune", iar cele mai îndepărtate, mai „rele". În acest mod se poate stabili o ierarhizare a tuturor ciclurilor pentru o aceeași sursă caldă și o aceeași sursă rece. Alegerea ciclului optim devine astfel foarte simplă.

Dacă notăm prin $A = \{a_i \mid i \in I\}$ mulțimea celor n alternative posibile dintre care factorul decident poate selecta pe cea optimă și prin C, $c_j \in C$ mulțimea criteriilor pe baza cărora se ia decizia, atunci definim

$$c_j : A \to G_j,\ A_j \in J \qquad (12)$$

iar G_j (codomeniul lui c_j) se constituie din mulțimea consecințelor obținute aplicînd criteriul c_j pe A. Se presupune că pentru determinarea mulțimii A s-a rezolvat deja sistemul de restricții al problemei și s-au reținut numai soluțiile posibile. Atunci pentru fiecare j se poate selecta, în mod independent, valoarea preferabilă. Notăm prin

$$\hat{c}_j = \underset{i \in I}{\Omega}\, c_j(a_i),\ j \in J \tag{13}$$

valoarea preferată pentru fiecare criteriu (prin Ω s-a notat procesul de selectare a valorii preferate — de maxim sau minim — pentru c_j) Vectorul $\underline{\hat{c}} = (\hat{c}_1,...,\hat{c}_m)$ reprezintă punctul ideal din spațiul soluțiilor și va constitui tocmai „ciclul Demon" din problema de optimizare a ciclurilor de conversie.

Imposibilitatea atingerii lui $\underline{\hat{c}}$ declanșează procesul de decizie care trebuie să se constituie din selectarea alternativei celei mai apropiate de $\underline{\hat{c}}$. Dacă s-ar putea estima „gradul de apropiere", D, dintre $\underline{c}(a_i)$ și $\underline{\hat{c}}$, atunci se va urmări $min\ D(\underline{\hat{c}} - \underline{c}(a_i))$.

Observație: Optimizarea poate urmări și o cale duală; se poate defini un punct (ciclu) determinat de vectorul $\underline{\check{c}}$ avînd drept componente $\check{c}_j = \underset{i \in I}{\overline{\Omega}}\, c_j(a_i)$, $j \in J$ unde prin $\overline{\Omega}$ s-a notat procesul de selectare a valorii celei mai defavorabile pentru criteriul c_j. Se caută $max\ D(\underline{c}(a_i) - \underline{\check{c}})$.

Problema care se pune în continuare este aceea de a găsi o modalitate acceptabilă de exprimare a gradelor de apropiere definite mai sus. S-a constatat că folosirea normei Holder răspunde foarte bine la deziderateleridicate de necesitățile problemei. Deci se va urmări

$$\min_i\ (H_{pi}) = \min_i \left\{ \sum_{j=i}^{m} [K_R(c_j)]^p (1 - \varphi_{ij})^p \right\}^{1/p} \tag{14}$$

unde $K_R(c_j)$ este coeficientul de importanță al criteriului $c_j \cdot K_R$ reprezintă o măsură a puterii de rezoluție a criteriului c_j, $K_R = 1 - R(c_j)$ cu $R(c_j) = -R_0 \sum_{i=1}^{n} \frac{\varphi_{ij}}{\sigma_j} \log_2 \left(\frac{\varphi_{ij}}{\sigma_j} \right)$

unde $\sigma_j = \sum_{i=1}^{n} \varphi_{ij}$, iar φ_{ij} sînt componetele normalizate ale vectorilor $\underline{c}(a_i)$. Normalizarea se poate obține pe mai multe căi, toate implicînd un difeomorfism $\varphi_j : G_j \to [0, 1]$, $j \in J$.

Variind parametrul p în intervalul său de definiție $[1, +\infty]$ se poate obține mulțimea nedominată a soluțiilor problemei.

Pentru rezolvarea problemei de optimizare și pentru calculul ciclurilor de conversie s-a elaborat un set de programe în limbaj BASIC pe calculatorul WANG 2200 MVP. Limbajul conversațional folosit permite o serie de facilități: modulare, alocare dinamică a memoriei, fișiere de date de discuri magnetice create și întreținute interactiv de la terminale inteligente etc.

Optimizarea ciclurilor de conversie între $T_H = 2000°$ K și $T_C = 300°$ K.

În continuare se prezintă un exemplu de optimizare pentru un ciclu de „tip Carnot", ciclu format din două izoterme la $T_1 = ct$ și $T_2 = ct.$ și două adiabate — izentrope (v. fig. 1). Se consideră drept sursă caldă focarul cazanului aflat la $T_H = 2000°$ K, iar ca sursă rece mediul, la $T_C = 300°$ K. Se urmărește evaluarea ciclului optim, determinat de T_1^+ și T_2^+ ciclu care implică un compromis optim între criteriul puterii maxime și cel al energiei maxime pe ciclu.

Rezolvarea problemei de optimizare impune, conform cu cele expuse mai sus, normalizarea expresiilor pentru putere și energie care devin

$$p = 4\, \frac{1 - \frac{T_2}{T_1}}{\sqrt{1 - \frac{T_C}{T_H}}} \cdot \frac{T_1(T_H - T_1)(T_2 - T_C)}{(T_2 T_H - T_1 T_C)(T_H - \sqrt{T_C T_H})}$$

și

$$l = \frac{T_1 - T_2}{T_H - T_C} \cdot \frac{T_H}{T_1} \tag{15}$$

Durata ciclului transformată și ea corespunzător cu cerințele problemei devine

$$\tau = \frac{T_H - \sqrt{T_C T_H}}{4} \left(\frac{1}{T_H - T_1} + \frac{T_2}{T_1} \frac{1}{T_2 - T_C} \right) \tag{17}$$

Acțiunea necompensată capătă forma

$$a = \frac{T_1^2 T_C - T_2^2 T_H}{T_1^2 T_C \left(1 - \frac{T_C}{T_H}\right)} \tag{18}$$

iar entropia și viteza ei de variație devin

$$s = \frac{T_2 T_H - T_1 T_C}{T_1 (T_H - T_C)};\quad v = \left(1 - \frac{T_1}{T_H}\right)\left(\frac{T_2}{T_C} - 1\right) \tag{19}$$

Toate mărimile, cu excepția duratei τ și a vitezei de variație a entropiei v, au ca valoare maximă 1. τ ia valoarea 1 pentru ciclul de putere maximă, iar v atinge valoarea maximă pentru

ciclul degenerat $T_1 = T_2 = \frac{T_H + T_C}{2}$ și este nulă pentru ciclul Carnot $T_1 = T_H$ și $T_2 = T_C$.

Mulțimea soluțiilor posibile în spațiul (p, l) este prezentată în figura 5. Avînd date temperaturile sursei calde T_H și sursei reci T_C se pot evalua : temperaturile $T_1(P_{max})$, $T_2(P_{max})$, T^*, durata minimă a ciclului τ_{min}, energia $l(P_{max})$. Obținerea puterii maxime implică funcționarea între temperaturile $T_1 = 1387°K$ și $T_2 = 537°K$, randamentul ciclului fiind de 72% din cel al ciclului Carnot; $T^* = 774°$ K, $\tau_{min} = 0{,}72 \cdot \tau(P_{max})$.

În vederea determinării unui ciclu de conversie care să constituie cel mai bun compromis putere — energie s-au considerat două posibilități :

a) se modifică temperatura superioară a agentului de lucru T_1, pentru $T_2 = \text{ct.} = T_2 (P_{max})$;

b) se modifică temperatura inferioară T_2, pentru $T_1 = \text{ct.} = T_1 (P_{max})$.

a) În tabelul 1 se prezintă rezultatul obținut prin creșterea temperaturii T_1 într-un interval de 200°K plecînd de la 1387°K. De aici se poate observa și modul de variație a celorlalte mărimi ce caracterizează ciclul : durata ciclului TAU (T_1, T_2), acțiunea necompensată $A(T_1, T_2)$, entropia $S(T_1, T_2)$, viteza de variație a entropiei $V(T_1, T_2)$. Puterea disponibilă pe ciclu

Tabelul 1

Nr. crt.	Temperatura T1 T2 [grd.K]		Puterea P(T1, T2) [u.r.]	Energia E(T1, T2) [u.r.]	Durata ciclului TAU (T1, T2) [u.r.]	Acțiunea A(T1, T2) [u.r.]	Entropia S(T1, T2) [u.r.]	Viteza V(T1, T2) [u.r.]
1	1387	537	0,999999387	0,72098	1,00021E+00	0,00080	0,27901	0,2421350
2	1397	537	0,999818096	0,72424	1,00492E+00	0,01757	0,27575	0,2381850
3	1407	537	0,999247763	0,72745	1,00995E+00	0,03398	0,27254	0,2342350
4	1417	537	0,998282993	0,73062	1,01533E+00	0,05005	0,26937	0,2302850
5	1427	537	0,996918290	0,73374	1,02107E+00	0,06578	0,26625	0,2263350
6	1437	537	0,995148055	0,73682	1,02718E+00	0,08119	0,26317	0,2223850
7	1447	537	0,992966583	0,73986	1,03368E+00	0,09627	0,26013	0,2184350
8	1457	537	0,990368065	0,74286	1,04059E+00	0,11105	0,25713	0,2144850
9	1467	537	0,987346579	0,74581	1,04793E+00	0,12553	0,25418	0,2105350
10	1477	537	0,983896091	0,74873	1,05572E+00	0,13971	0,25126	0,2065850
11	1487	537	0,980010451	0,75161	1,06397E+00	0,15360	0,24838	0,2026350
12	1497	537	0,975683394	0,75445	1,07273E+00	0,16722	0,24554	0,1986850
13	1507	537	0,970908530	0,75725	1,08200E+00	0,18057	0,24274	0,1947350
14	1517	537	0,965679348	0,76001	1,09183E+00	0,19366	0,23998	0,1907850
15	1527	537	0,959989209	0,76274	1,10225E+00	0,20649	0,23725	0,1868350
16	1537	537	0,953831344	0,76543	1,11328E+00	0,21907	0,23456	0,1828850
17	1547	537	0,947198850	0,76809	1,12496E+00	0,23141	0,23190	0,1789350
18	1557	537	0,940084691	0,77071	1,13735E+00	0,24351	0,22928	0,1749850
19	1567	537	0,932481687	0,77330	1,15047E+00	0,25538	0,22669	0,1710350
20	1577	537	0,924382516	0,77585	1,16439E+00	0,26702	0,22414	0,1670850

Tabelul 2

Nr. crt.	Temperatura T1 T2 [grd.K]		Puterea P(T1, T2) [u.r.]	Energia E(T1, T2) [u.r.]	Durata ciclului TAU (T1, T2) [u.r.]	Acțiunea A(T1, T2) [u.r.]	Entropia S(T1, T2) [u.r.]	Viteza V(T1, T2) [u.r.]
1	1387	300	0,000000001	0,92200	6,62618E+08	0,80954	0,07799	0,0000000
2	1387	310	0,172500687	0,91352	7,34681E+00	0,78467	0,08647	0,0102166
3	1387	320	0,311266707	0,90504	4,03372E+00	0,75898	0,09495	0,0204333
4	1387	330	0,424596872	0,89656	2,92935E+00	0,73248	0,10343	0,0306500
5	1387	340	0,518274250	0,88807	2,37717E+00	0,70517	0,11192	0,0408666
6	1387	350	0,596452299	0,87959	2,04586E+00	0,67704	0,12040	0,0510833
7	1387	360	0,662191105	0,87111	1,82499E+00	0,64809	0,12888	0,0613000
8	1387	370	0,717794942	0,86263	1,66722E+00	0,61833	0,13736	0,0715166
9	1387	380	0,765032051	0,85414	1,54980E+00	0,58775	0,14585	0,0817333
10	1387	390	0,805281943	0,84566	1,45687E+00	0,55636	0,15433	0,0919500
11	1387	400	0,839636654	0,83718	1,38324E+00	0,52415	0,16281	0,1021666
12	1387	410	0,868971923	0,82870	1,32301E+00	0,49113	0,17129	0,1123833
13	1387	420	0,893998216	0,82022	1,27281E+00	0,45729	0,17977	0,1226000
14	1387	430	0,915297958	0,81173	1,23033E+00	0,42263	0,18826	0,1328166
15	1387	440	0,933353135	0,80325	1,19392E+00	0,38717	0,19674	0,1430333
16	1387	450	0,948566049	0,79477	1,16237E+00	0,35088	0,20522	0,1532500
17	1387	460	0,961275131	0,78629	1,13476E+00	0,31378	0,21370	0,1634666
18	1387	470	0,971767135	0,77781	1,11040E+00	0,27586	0,22218	0,1736833
19	1387	480	0,980286635	0,76932	1,08875E+00	0,23713	0,23067	0,1839000
20	1387	490	0,987043511	0,76084	1,06937E+00	0,19759	0,23915	0,1941166

Tabelul 3

Nr. crt.	Temperatura T1 T2 [grd.K]		Puterea P(T1, T2) [u.r.]	Energia E(T1, T2) [u.r.]	Durata ciclului TAU (T1, T2) [u.r.]	Acțiunea A(T1, T2) [u.r.]	Entropia (ST1, T2) [u.r.]	Viteza V(T1, T2) [u.r.]
1	800	300	0,000000000	0,73529	1,14881E+09	0,07352	0,26470	0,0000000
2	800	310	0,082437650	0,72058	1,21263E+01	−0,00122	0,27941	0,0200000
3	800	320	0,153434973	0,70588	6,38230E+00	−0,07843	0,29411	0,0400000
4	800	330	0,214626302	0,69117	4,46761E+00	−0,15808	0,30882	0,0600000
5	800	340	0,267348817	0,67647	3,51026E+00	−0,24019	0,32352	0,0800000
6	800	350	0,312707146	0,66176	2,93586E+00	−0,32475	0,33823	0,1000000
7	800	360	0,351621813	0,64705	2,55292E+00	−0,41176	0,35294	0,1200000
8	800	370	0,384866058	0,63235	2,27939E+00	−0,50122	0,36764	0,1400000
9	800	380	0,413094158	0,61764	2,07425E+00	−0,59313	0,38235	0,1600000
10	800	390	0,436863465	0,60294	1,91469E+00	−0,68750	0,39705	0,1800000
11	800	400	0,456651706	0,58823	1,78704E+00	−0,78431	0,41176	0,2000000
12	800	410	0,472870715	0,57352	1,68260E+00	−0,88357	0,42647	0,2200000
13	800	420	0,485877415	0,55882	1,59557E+00	−0,98529	0,44117	0,2400000
14	800	430	0,495982675	0,54411	1,52193E+00	−1,08946	0,45588	0,2600000
15	800	440	0,503458505	0,52941	1,45881E+00	−1,19607	0,47058	0,2800000
16	800	450	0,508543945	0,51470	1,40410E+00	−1,30514	0,48529	0,3000000
17	800	460	0,511449910	0,49999	1,35624E+00	−1,41666	0,50000	0,3200000
18	800	470	0,512363214	0,48529	1,31400E+00	−1,53063	0,51470	0,3400000
19	800	480	0,511449910	0,47058	1,27646E+00	−1,64705	0,52941	0,3600000
20	800	490	0,508858103	0,45588	1,24287E+00	−1,76593	0,54411	0,3800000

descreşte de la valoarea maximă 1 la 0,924, în timp ce energia utilă creşte de la 0,72 la 0,775. Ciclul optim obţinut cu ajutorul pachetelor de programe amintite este dat de cuplul de temperaturi $T_1^+ = 1477°K$ şi $T_2^+ = 537°K$ deci alternativa a zecea. În acest mod se obţine un cîştig în energie de 2,77% faţă de ciclul de putere maximă, dar o pierdere de putere de 1,8% şi o creştere a duratei ciclului cu 5,5%.

b) În tabelul 2 se prezintă rezultatul obţinut prin creşterea temperaturii T_2 de la limita inferioară de 300 la 490°K. De această dată se poate observa o creştere spectaculoasă a puterii disponibile, în timp ce energia utilă scade mult mai puţin. Ciclul optim se află undeva între alternativele 17 şi 18, deci temperatura T_2 între 450 şi 470°K. Comparativ cu ciclul de putere maximă (alternativa *1* din tabelul 1) se obţine un cîştig în energie de aproximativ 5,7%, în timp ce puterea disponibilă pe ciclu este de $0,95-0,97\ P_{max}$.

Optimizările efectuate pînă în prezent au mai mult un caracter teoretic, deoarece nici un ciclu real, din considerente de rezistenţă la temperaturi ridicate a diferitelor materiale, nu va putea lucra la valori pentru T_1 atît de mari. De aceea, în continuare se va analiza un ciclu real, considerînd temperatura superioară a agentului de lucru ca fiind cea dată de abur la ieşirea din cazane, fie ea 800°K. Păstrînd constantă T_1, se va căuta valoarea pentru T_2 care fixează ciclul optim (800°K, T_2). S-a ales pentru T_2 un domeniu de variaţie cuprins între 300°K şi 500°K. Valori mai mari pentru T_2 nu prezintă interes, deoarece determină cicluri cu energie şi putere disponibilă neglijabile. În tabelul 3 se prezintă 20 de alternative de cicluri avînd T_2 în intervalul 3—500°K. Ciclul optim este determinat de T_2 şi se găseşte între alternativele 11 şi 14 (T_2 între 400° şi 430°). Comparativ cu ciclul (800°K ,300°K) se pierde 15—18% din energia disponibilă, dar se cîştigă foarte mult în putere, care ajunge la aproximativ $50\%P_{max}$.

Concluzii

Analiza efectuată asupra ciclurilor de conversie impune mai multe observaţii:

a) Pe lîngă criteriul randamentului maxim, criteriu acceptat unanim şi care presupune o utilizare raţională a resursei, în orice studiu comparativ trebuie avut în vedere şi criteriul puterii maxime pe ciclu. Acesta presupune o utilizare (încărcare) foarte bună a maşinii energetice, maşină care astfel dă un efect util maxim într-un timp finit. În plus, compararea diferitelor maşini cu cea care funcţionează la putere maximă oferă avantajul unui ciclu fezabil (în timp ce ciclul de randament maxim, ciclul Carnot, este imposibil de realizat practic).

b) Cele două criterii trebuie avute în vedere *simultan*, deoarece fiecare priveşte maşina dintr-un punct de vedere specific. Aceasta implică folosirea tehnicilor din domeniul optimizării multicriteriale (bicriteriale) în aflarea ciclului care oferă cel mai bun compromis.

c) Analizele efectuate pentru exemplul surselor clasice $T_H = 2000°K$ (şi considerînd mediul la $T_C = 300°K$) au arătat că optimul nu se află nici în punctul de putere maximă, nici în cel de energie maximă, iar poziţia sa nu se află în imediata apropiere a unuia dintre ele, astfel încît efectele optimizării să fie neglijabile. S-au

obținut creșteri de randament de peste 5% (față de cel corespunzător funcționării la putere maximă) în condițiile în care puterea pe ciclu scade cu mai puțin de 3%.

d) Analiza efectuată pentru T_1 = ct. =800°K conduce la observația că se impune, în general, *o creștere a temperaturii inferioare a agentului de lucru* în ciclurile fezabile în prezent și nu o coborîre a lui T_2 cît mai aproape de T_c. Astfel, dacă T_2 = 310K (deci foarte aproape de T_c = 300K), atunci puterea disponibilă pe ciclu ar fi de 8% din puterea maximă, iar energia disponibilă 72% din cea maximă. Ciclul obținut prin optimizare (de exemplu T_2 = 420 K) permite funcționarea la o putere care este de 49% din P_{max}, deci *puterea pe ciclu a crescut de peste 6 ori* în condițiile în care *energia disponibilă* reprezintă 55% din energia utilă maximă (cea a ciclului Carnot), deci *o scădere cu numai 25%*.

Desigur, o creștere simultană a energiei și a puterii pe ciclu se obține prin creșterea pînă la 1387°K a temperaturii T_1, dar condițiile de material fac foarte dificilă această cale, rămînînd în discuție doar calea optimizării (determinării compromisului optim putere-energie).

Analiza efectuată trebuie extinsă și la celelalte mărimi ce caracterizează ciclurile de conversie: creșterea de entropie, acțiunea necompensată, viteza de variație a entropiei.

De asemenea, se impune analiza, pe baza aceleiași metodologii, a ciclului Rankin, ciclu care oferă posibilități concrete de optimizare pentru diferite tipuri de mașini de conversie.

Pe această cale aduc mulțumiri prof. I. Purica pentru sugestiile și sprijinul dat în dezvoltarea ideilor din lucrare.

Bibliografie

[1] Georgescu-Roegen, N. *The Steady State and Ecological Salvation. A Thermodynamic Analysis.* În: Bioscience, Vol. 27, nr. 4, p. 266—280, 1977.

[2] Georgescu-Roegen, N. *Tehnological Assessment. The Case of the Direct Use of Solar Energy.* În: Atlantic Economic Journal, Vol. 6, nr. 4, p. 15—22, 1978.

[3] Rotty, R. M. și Van Artdsdalen, E. R. *Thermodynamics and its Value as an Energy Policy Tool.* În: Energy, Vol. 3, p. 111—117, 1978.

[4] Rotty, R. M., și Van Artsdalen, E. R. *Thermodynamics and Energy Policy.* În: ORAU/IEA (M) 77—22 (R), Oak Ridge, dec., 1978.

[5] Spreng, D. T. *On Time, Information and Energy Conservation.* În: ORAU/IEA—78—18, Oak Ridge, dec., 1978.

[6] Yoigh, H. *Energy and Entropy Fluxes in Coal Gasification and Liquefiation Processes.* În: IIASA, RR—90—20, 1980.

[7] Purica, I. I. *Un nou principiu în conversia ciclică a energiei termice.* A-IX-a Conferință a termoenergeticienilor din Romania, Brașov, 3—5 dec. 1981.

[8] Purica, I. *Comunicarea la seminarul științific al catedrei de Centrale electrice,* I.P.B., feb. 1982;

[9] Stoica, M., *Criterii pentru optimizarea economiei de energie în procesele de conversie ciclică.* În: Energetica, nr. 6, 1982, p. 253—254.

[10] Stoica, M. *Comunicare la seminarul științific al catedrei de Centrale electrice,* I.P.B., feb., 1982.

[11] Stoica, M. *Optimizarea ciclurilor de conversie termodinamică între criteriul puterii maxime și cel al energiei maxime.* Simpozionul național „Știința modernă și energia", Cluj, martie 1982.

[12] Zeleny, M. (editor) *Multiple Criteria Decision Making* Springer, New York, 1976.

[13] Hwang, K. L., și Masud, A. S. Y. D. *Multiple Decision Making.* Springer, New York, 1979.

[14] Stancu-Minasian, I. M. *Programarea stohastică cu mai multe funcții obiectiv,* București, Editura Acad., 1980.

(Primit la 4 octombrie 1982, acceptat la 9 noiembrie 1982)

Stocarea termică sezonieră

Dr. ing. **Constantin I. Staicu**, ing. **Constantin Bilegan**, ing. **Alexandru Mihăilă**, chim. **Adriana Predica**

Introducere

Stocarea sezonieră de căldură pentru încălzirea spațiilor de locuit și de muncă reprezintă o soluție atrăgătoare pentru condițiile din țara noastră, dacă se are în vedere faptul că cererea de căldură este ridicată în timpul iernii și dispare complet în timpul verii; aplicarea în practică a soluției necesită construirea unor sisteme mari de stocare termică, la costuri acceptabile. În această situație, sursele actuale pentru încălzire — în principal centralele de termoficare — care furnizează căldură la temperatură scăzută, pot să fie exploatate tot timpul anului în condiții mai bune; pe de altă parte, căldura solară, de care se dispune din abundență în timpul verii, sau căldura deșeu, care rezultă în același anotimp, pot să fie utilizate pentru acoperirea cererii de căldură din timpul iernii. În acest context, Institutul de economie și amenajări energetice din Elveția, pe baza studiilor efectuate, a conchis că: problema fundamentală pentru încălzirea clădirilor este să se folosească căldura de care se dispune vara din abundență (în particular pentru Europa de nord).

Stocarea căldurii nu reprezintă o noutate tehnică; realizarea și folosirea acumulărilor de căldură implică numai tehnici cunoscute, chiar dintre cele mai comune; pentru materializarea preluării căldurii de la surse, stocarea ei și apoi utilizarea ei de către diverși consumatori sînt necesare: schimbătoare de căldură, rezervoare naturale sau artificiale, sisteme tehnice de vehiculare a agentului termic, puțuri

* Autorii lucrează la ICEMENERG.

pentru injecţia/pomparea căldurii în/din acumulator etc. Pe baza acestor realităţi, stocarea termică se prezintă mai curînd ca o funcţie nouă conferită unor tehnici vechi.

Se menţionează că se afirmă de către unii specialişti faptul că problema viitorului nu este „aprovizionarea cu energie", ci „stocarea energiei".

Stocarea termică sezonieră la temperatură scăzută se realizează cel mai adesea în apă, prin căldură sensibilă; această soluţie necesită volume mari pentru acumularea căldurii; calculele arată că volumul unui asemenea stoc sezonier este practic egal cu volumul pe care-l încălzeşte ,adică un bloc pentru locuinţe de circa 20000 m³ (120 apartamente) necesită un stoc de aceeaşi mărime. Apa, folosită ca material pentru stocarea căldurii, are o densitate termică relativ scăzută, de numai 1 kcal/kg; în această direcţie se fac cercetări în toată lumea pentru folosirea ,în scopul stocării căldurii, de materiale cu o valoare mai mare a acestei densităţi, precum şi pentru utilizarea în acelaşi scop a altor procese: schimbarea de fază sau reacţii chimice reversibile. Apa prezintă însă o serie de avantaje în legătură cu stocarea termică.

În unele soluţii de stocare termică se foloseşte însuşi pămîntul ca material pentru stocarea căldurii.

1. Soluţii de stocare termică sezonieră

1.1. *Suprateran*

Pentru stocarea căldurii în acumulatoare supraterane s-au realizat şi se fac cercetări de capacităţi mici sau foarte mari, care variază între sute şi milioane de metri cubi. Se iau în considerare următoarele soluţii:

1) Rezervoare metalice (fig. 1); volumul tancului de la Uppsala în Suedia este cel mai mare şi are 30000 m³ (se detaliază ulterior).

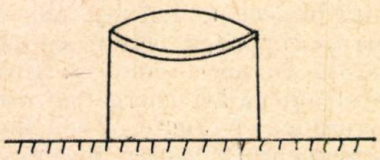


Fig. 1

2) Lacuri mici artificiale sau lacuri mari naturale amenajate (fig. 2); volumul maxim studiat este de 5000000 m³.

Fig. 2

1.2. *Subteran*

În contextul volumelor mari pe care le implică stocarea termică sezonieră, actualmente este acreditată ideea că numai subsolul ar putea să ofere găzduire, la costuri acceptabile. Cele mai mari şanse pentru realizarea acumulărilor de căldură în subteran revin soluţiilor care „lasă nederanjat pămîntul" în zona respectivă. Soluţiile care se iau în considerare în etapa actuală pentru stocarea termică sezonieră sînt următoarele:

1) Structuri rigide metalice sau din beton; acumulare în 3—4 cilindri cu diametrul de 2—10 m şi volumul de 100 m³ fiecare; realizată în Franţa, la Toulouse (fig. 3).

2) Rezervor de 250 m³ realizat în Franţa, la Cadarache; căldura se stochează în mediu eterogen: apă şi pietre (fig. 4).

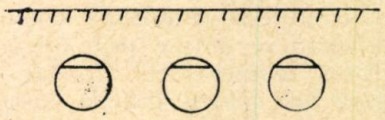


Fig. 3

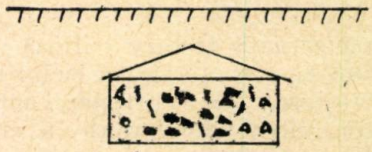


Fig. 4

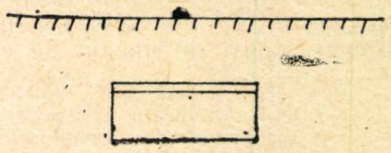


Fig. 5

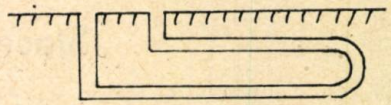


Fig. 6

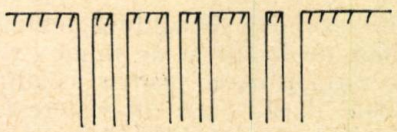


Fig. 7

3) Cavernă amenajată pentru diminuarea pierderilor de apă şi căldură (fig. 5); realizată în Suedia, la Avesta; volumul este de 15000m³ (se prezintă date în cele ce urmează).

4) Serpentine metalice pozate etajat în apropiere de suprafaţa solului (fig. 6); agentul purtător cedează căldura pămîntului din jur.

5) Puţuri multiple de adîncime, prin care circulă apă caldă (fig. 7), se încălzeşte roca din jur.

6) Acvifere de suprafață sau de adîncime (fig. 8), cu volume de zeci sau sute de mii de m^3 (este soluția cea mai interesantă și se detaliază în continuare).

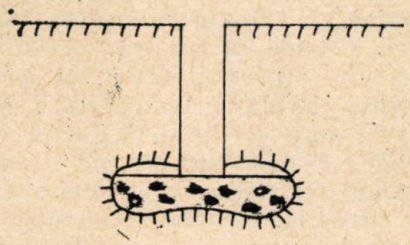


Fig. 8

Se menționează faptul că primele patru soluții și acviferele de suprafață sînt compatibile cu stocări mici, aferente unor clădiri izolate, sau stocări mijlocii, aferente unui grup mic de clădiri (zeci de apartamente convenționale); soluțiile 3 și 5, împreună cu acviferele de adîncime sînt apte pentru stocuri mari de căldură (aferente la sute și chiar mii de apartamente convenționale).

Stocarea termică în rezervoare supra/subterane s-a dezvoltat cu precădere în Suedia. Multe alte țări din Europa au deja realizări practice de stocări termice subterane în acvifere de suprafață, cu volume care variază între 25 000 și 65 000 m^3. Un număr și mai mare de studii, cercetări și experimente sînt în curs. În S.U.A., programul prioritar de stocare termică în subteran este cel mai avansat (în comparație cu alte soluții de stocare termică).

2. Exemple de stocări termice sezoniere

2.1. *Rezervoare metalice*

În Suedia se folosesc de mai mulți ani rezervoare metalice pentru acumularea căldurii, iar rezultatele sînt bune. Mărimea rezervoarelor este variabilă; cel mai mare rezervor are volumul de 30000 m^3 și este realizat la Uppsala; are forma cilindrică cu diametrul de 42 m și înălțimea de 21 m; peretele superior este curbat; rezervorul este izolat termic lateral și la partea superioară.

În R.F.G. sînt în prezent în construcție sau în fază de proiect rezervoare de același tip. Această țară dispune în prezent de rezervoare metalice cilindrice cu capacitatea de 1 000 000 m^3 pentru depozitarea petrolului; se consideră, pentru acest tip de rezervor, un volum maxim de 150 000 m^3. Acumularea sezonieră de căldură necesită însă capacități mult mai mari; ca urmare, se studiază soluții de rezervoare cu membrană metalică pentru capacități de 1 000 000 m^3, cu forma unui sfert de elipsoid; această formă prezintă avantaje în privința eforturilor induse în peretele metalic; forța dată de greutatea apei din rezervor este suportată de stîlpi.

2.2. *Cavernă amenajată*

Tot în Suedia s-a ajuns la faza de încercări pe model la scara 1/2, care să confirme modelele matematice folosite și experimentele de laborator. Acumulatorul de la Agesta, din soluția 3, este în stîncă și are plafonul cavernei la adîncimea de 25 m. Caverna are dimensiunile de 45 × 18 × 22 m^3. În timpul funcționării se prevede ca temperatura apei să varieze între 70 și 115°C. Căldura necesară se obține prin arderea deșeurilor manajere. Apa caldă pompată din caverna se injectează în rețeaua de termoficare. Se prevede funcționarea în ciclu săptămînal nesimetric: 5 zile acumulare și 2 zile pompare la sfîrșit de săptămînă. Se scontează o economie anuală de 400 t petrol.

La început, înainte de darea în folosință industrială, se prevede simularea unei perioade imaginare de încălzire solară cu durata de 6 luni. Studiile vor dura 3 ani; ele se referă la caverna propriu-zisă și la rocile înconjurătoare.

2.3. *Acvifer*

Se propune, pentru exemplificare, acumulatorul de apă caldă realizat la Universitatea Auburn din statul Alabama, S.U.A. Acviferul captiv se găsește între cotele −40 m și −69m, în raport cu suprafața solului. Stocul comportă un singur puț de injecție, crepinat pe lungimea de 9 m de la cota superioară a rezervorului (între −40 m și −49m); pentru măsurători s-au prevăzut alte 16 puțuri de observație.

Tabelul 1

Denumirea	Unitatea de măsură	Injecție	Pompare	Ciclu
Debitul mediu de apă	m^3/h	29	57	
Temperatura	°C	55	55−32	
Durata	zile	79	38	1
Repaus	zile	50		
Volumul de apă	m^3	54800	51800	
Eficacitatea	%	56		
Debitul mediu de apă	m^3/h	38	50	
Temperatura	°C	55	55−27	
Durata	zile	64	83	2
Repaus	zile	55		
Volumul de apă	m^3	58000	100000	
Eficacitatea	%	89		

S-au desfășurat două cicluri nesimetrice de funcționare; datele lor principale se prezintă în tabelul 1. Eficacitatea stocului, indicată în tabel, se exprimă prin raportul dintre cantitatea de căldură pompată din acvifer și cantitatea de căldură injectată în același acvifer.

3. Studiul teoretic

3.1. *Modelul matematic și simularea numerică*

Soluția cea mai complexă de acumulare termică este acviferul. Procesele fizice care au

loc simultan în acvifer sînt de natură hidrodinamică și de transfer de căldură și masă: curgere de fluid, conducție termică, convecție naturală, convecție forțată, advecțiune (antrenarea particulelor din apa injectată de către curgerea regională a stratului freatic), dispersie cinematică (provocată de eterogeneitatea vitezelor în acvifer). Pentru descrierea acestor procese fizice se folosește un sistem de ecuații algebrice și diferențiale compus din:

Legea lui Darcy

$$\bar{v} = -\frac{k}{\mu} \, grad \, (p + g \rho_f z)$$

Conservarea masei

$$\frac{\partial}{\partial t}(\Phi \rho_f) = -div(\rho_f \bar{v}) + q$$

Ecuația curgerii

$$div\left[\frac{k}{\mu} grad \, (p + g\rho_f z)\right] + q = \frac{\partial}{\partial t}(\Phi \rho_f)$$

Ecuația energiei

$$div \, (\lambda \, grad \, \theta) - \rho_f c_f \, div(\bar{v}\theta) = \rho_m c_m \frac{\partial \theta}{\partial t} + p$$

Ecuația de stare

$$\rho = \rho_0[1 + \alpha(\theta - \theta_0)$$

În aceste relații:

$\bar{v}$	reprezintă	viteza Darcy a fluidului;
k	—	permeabilitatea;
$p + g\rho_f z$	—	potențialul hidraulic;
μ	—	viscozitatea fluidului;
Φ	—	porozitatea;
ρ	—	densitatea;
q	—	densitatea sursei;
t	—	timpul;
λ	—	conductibilitatea termică echivalentă a mediului;
θ	—	temperatura;
C	—	căldura specifică;
α	—	coeficientul de dilatare;
f	—	indice pentru fluid;
m	—	indice pentru mediu.

În alte soluții de acumulare termică decît acviferele, se folosesc numai unele dintre ecuațiile prezentate mai sus, în funcție de specificul fiecărui caz particular care se studiază.

Sistemul de ecuații se rezolvă prin metoda elementelor finite. Se folosesc elemente finite de tip izoparametric quadratic; coordonatele și potențialele se interpolează prin funcții de gradul doi. Metoda elementelor finite conduce la două sisteme liniare, în care necunoscutele sînt potențialele hidraulice și temperaturile; se determină apoi fluxurile termice și de masă. Cele două sisteme se rezolvă secvențial și se utilizează un proces iterativ cu accelerarea convergenței. Evoluția temperaturii în cadrul unui pas de timp se consideră liniară. Ca ordin de mărime se menționează, de exemplu, că pentru simularea numerică a unui acvifer gros de 50 m, situat între cotele —100 m și —150 m, care este echipat cu cîte șase drenuri radiale de injecție și pompare, au fost necesare 187 de elemente și 645 de noduri.

Simularea tridimensională este optimă; sînt însă și păreri autorizate care consideră că se poate folosi cu rezultate mulțumitoare și simularea bidimensională.

Se cunosc și unele rezolvări analitice pentru sistemul de ecuații prezentat; utilizarea în practică a rezultatelor analitice nu se recomandă însă, deoarece conduce la date care diferă mult de valorile măsurate, ca urmare a simplificărilor adoptate.

În unele soluții de stocare subterană, procedeele clasice ar conduce la un număr prohibitiv de elemente finite; aceasta este situația stocării căldurii în pămîntul echipat cu serpentine (soluția 4). Cauza insuccesului rezidă în diferența mare dintre diametrul țevilor și mărimea stocului. Rezolvarea se poate simplifica printr-o transformare topologică, care apropie cele două scări geometrice.

3.2. *Pierderile termice*

Pierderea de căldură Q pe durata stocajului termic se exprimă prin relația

$$Q = GV(\theta - \theta_0)$$

în care:

G este coeficientul de pierdere caracteristic stocajului, kcal/m³h °C;

V — volumul stocajului;

θ_0 — temperatura de referință.

Constanta de timp a stocajului τ, care se definește cu relația:

$$\tau = \frac{\rho c}{G},$$

permite să se calculeze căderea de temperatură în timpul t, cu ajutorul relației:

$$\theta = \theta_0 + (\theta_i - \theta_0) e^{-\frac{t}{\tau}},$$

în care θ_i este temperatura inițială.

4. Problemele principale ale stocajului termic sezonier

Orice sistem de stocare termică implică un complex de instalații care se corelează în conformitate cu schema de principiu din figura 9.

În legătură cu realizarea unui stocaj termic sezonier este necesar să se studieze și să se

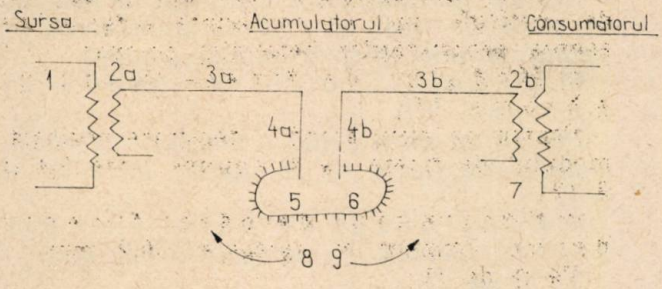


Fig. 9

soluționeze șapte probleme, conform localizărilor indicate în figura 9 :

1) Caracterizarea sursei de căldură : debite și cantități de căldură disponibile, agentul de transport al căldurii și temperatura lui, dinamica de variație a parametrilor etc.

2) Preluarea căldurii de la sursă : optimizarea captatoarelor solare și a schimbătoarelor de căldură.

3) Transportul căldurii la/de la acumulator : pomparea agentului termic, izolarea conductelor etc.

4) Injecția/pomparea căldurii în/din acumulator : puț unic sau dublet, drenuri de distribuție a apei etc.

5) Acumulatorul de căldură : rezervoare construite, cavități naturale amenajate, acvifere de suprafață sau adîncime (capcane).

6) Modelarea matematică și simularea numerică a acumulatorului de căldură.

7) Încadrarea acumulării de căldură în schemele clasice de alimentare cu căldură pentru încălzire.

În afară de aceste șapte probleme locale, ansamblul stocajului termic mai ridică două probleme, și anume:

8) Metoda pentru calcule economice, în vederea stabilirii soluției optime prin comparare cu soluțiile clasice de alimentare cu căldură.

9) Influențele reciproce acumulator — mediu ambiant : depuneri în schimbătoarele de căldură, coroziune, fenomene de solubilitate, stabilitatea cavernei, dinamica acviferului, fenomene de colmatare, poluarea termică.

Activitatea care ar trebui să se desfășoare pînă la darea în folosință industrială a unui stocaj termic sezonier ,necesită trei etape, și anume :

Etapa 1. Rezolvarea problemelor de mai sus, care ar permite să se adopte decizia referitoare la soluția aleasă ; este posibil să se dovedească necesare experimente de laborator sau pe modele reduse.

Etapa 2. Proiectarea și realizarea soluției adoptate ; prevederea de aparatură și dispozitive de măsurare.

Etapa 3. Efectuarea de experimente și măsurări. Compararea rezultatelor furnizate de simularea numerică cu datele obținute la măsurări ; introducerea eventualelor corecții.

Bibliografie

[1] Menjoz, A. și Joos, B. *Simulation du comportement des nappes souterraines par modèles numériques.* Comunicare la simpozionul „SIMULATION 77", Montreux, iunie 1977.

[2] Saugy, B., Pacot, P. și Bloch, G. *Stockage de la chaleur d'origine solaire sous forme sensible dans les nappes aquifères.* Comunicare la simpozionul „L'ENERGIE SOLAIRE ET SON STOCKAGE", Lausanne, septembrie 1981.

[3] Scholz, F. *Seasonal storage of low temperature heat in big water reservois.* Comunicare la simpozionul TNO „THERMAL STORAGE OF SOLAR ENERGY", Amsterdam, noiembrie 1980.

[4] Menjoz, A. și Sauty, J. P. *Stockage de calories en aquifère par convection forcée à partir d'un puits unique.* Comunicare la „7ème SYMPOSIUM INTERNATIONAL SUR LES TRANSFERTS DE CHALEUR ET DE MASSE EN MILIEU POREUX", Toulouse, august 1980.

[5] * * * *Stocarea surplusului de energie în cavități subterane.* Material ICCPDC — Informări tehnico-economice, București, octombrie 1980.

[6] Allan, I. M. *An overview of the USA p ogram of thermal energy storage for solar energy applications.* Comunicare la simpozionul TNO „THERMAL STORAGE OF SOLAR ENERGY", Amsterdam, noiembrie 1980.

[7] Torrenti, R. *Seasonal storage of solar energy : which future for Europe?* Comunicare la simpozionul TNO „THERMAL STORAGE OF SOLAR ENERGY", Amsterdam, noiembrie 1980.

(Primit la 18 octombrie 1982, acceptat la 8 noiembrie 1982)

Betoane pentru lucrări hidrotehnice puse în operă prin pompaj

Ing. D. Tatu și ing. M. Mangu *

Preocuparea permanentă a cercetătorilor, proiectanților și constructorilor pentru realizarea unor lucrări de calitate superioară, cu prețuri și durate de execuție cît mai reduse, a condus la găsirea unor soluții și tehnologii de execuție moderne, care să răspundă cît mai bine acestor imperative.

Una dintre aceste soluții este și cea de punere în operă a betoanelor pentru construcțiile hidrotehnice, mecanizat, cu ajutorul pompelor de beton.

Utilizarea acestei metode prezintă o serie de avantaje dintre care menționăm: creșterea vitezei de betonare, reducerea consumului de manoperă, creșterea calității lucrărilor executate, utilizarea de cofraje cu randamente superioare, transport la distanță sau în puncte greu accesibile și altele.

Lucrarea de față prezintă rezultatele cercetărilor de laborator asupra unor compoziții de beton recomandate a fi puse în operă prin pompaj, cu unele concluzii și recomandări, urmînd ca ulterior să fie analizat modul de aplicare al acestei tehnologii la betonarea galeriilor hidrotehnice, cu prezentarea rezultatelor obținute pe șantier, inclusiv a efectelor economice și a concluziilor care se impun.

În această primă parte sînt analizați principalii factori care influențează caracteristicile betonului pompat, menționîndu-se performanțele realizate în laborator prin folosirea aditivului superfluidizant și a adaosului de cenușă de termocentrală.

1. Analiza compoziției betonului pompat

1.1. *Principalii factori care influențează caracteristicile betonului pompat*

Pentru ca betonul să poată fi transportat prin pompare acesta trebuie să îndeplinească anumite condiții, respectiv să aibă anumite proprietăți specifice.

Prezentăm în continuare principalii factori care contribuie în ansamblu la asigurarea proprietăților betonului pompat.

a) Raportul agregat mare (pietriș) — agregat total

Pentru un beton pompabil în mod obișnuit volumul de agregat mare reprezintă 50—65% din volumul total de agregat [1], [2].

Neîncadrarea între aceste limite conduce la o creștere substanțială a cantității de apă sau de particule fine, cu consecințe nefavorabile asupra proprietăților betonului pompat.

b) Modulul de finețe (modulul Abrams [3])

Pentru un nisip avînd o densitate normală, modulul de finețe va fi cuprins între 2,4 și 3 [2].

c) Conținutul de părți fine din beton (ciment și agregate < 0,2 mm)

Va fi de [1]:

—370—500 kg/m³, pentru agregate 0—31mm;
—420—550 kg/m³, pentru agregate 0—16 mm.

d) Adaosuri minerale

Conținutul de părți fine necesar poate fi asigurat în cazul unor nisipuri mai sărace în fracțiunea fină (<0,2 mm) și fără a mări suplimentar dozajul de ciment — de un adaos mineral corespunzător, ca de exemplu tuf vulcanic, tras, cenușă de termocentrală, zgură de furnal ș.a. Astfel de materiale fine dau granulației o continuitate pînă la dimensiunea fracțiunii de ciment și diminuează frecarea pe conductă a betonului, atita timp cît au particule cu o suprafață netedă și o formă rotunjită. Cu bune rezultate poate fi folosit nisipul fin calcaros, obținut prin concasare, cu o curbă granulometrică convenabilă.

e) Gradația curbei granulometrice a agregatului

Va fi continuă, conform recomandărilor din figura 1.

f) Tasarea conului

Se recomandă ca amestecul de beton să aibă o tasare între 70 mm (80) și 100 mm (120). (Gradul de compactare Walz va fi $G_c < 1{,}07$ [1]).

g) Conținutul de aer antrenat

Antrenarea unui volum de aer de 3—5% mărește coeziunea și lucrabilitatea betonului pompat, îmbunătățindu-i pompabilitatea.

h) Gradul de saturare al agregatelor

Agregatele de densitate normală absorb o cantitate de apă de 0,5—4% din masa lor în stare uscată, fapt ce în general nu conduce la o modificare importantă a consistenței betonului pompat. Agregatele cu absorbție mai mare însă pot reduce consistența betonului, făcînd amestecul nepompabil.

i) Forma agregatelor

Forma particulelor de agregat influențează posibilitatea de pompare a unui amestec de beton. Din acest punct de vedere, în general,

* Ing. Dumitru Tatu este cercetător științific la INCERC, iar ing. Mircea Mangu este inginer proiectant principal la ISPH.

nisipurile de rîu sau pietrișurile cu granule rotunjite sînt preferabile agregatului concasat, dar se poate obține un agregat adecvat betonului pompat și prin concasare (folosirea unei granulozități cu un conținut de parte fină mai ridicat, înlocuirea parțială a nisipului de concasare cu nisip de rîu, utilizarea aditivilor tensioactivi).

Dimensiunea maximă a agregatului nu va depăși 1/3 din diametrul conductei [1], [2].

j) Aditivi

Aditivii tensioactivi, fie fluidizanți, fie antrenatori de aer sau micști, prin efectele favorabile pe care le exercită asupra proprietăților betonului proaspăt contribuie în mod esențial la îmbunătățirea pompabilității amestecului de beton (îmbunătățesc lucrabilitatea și coeziunea, permit reducerea raportului apă/ciment, previn separarea apei din beton și segregarea betonului [4]).

În ultimii ani se folosesc cu bune rezultate aditivii superfluidizanți, care sînt în măsură să mărească substanțial consistența, coeziunea, viscozitatea și, respectiv, pompabilitatea betonului, conferindu-i în final o serie de performanțe superioare [5], [6].

1.2. *Compoziții de betoane pompate studiate*

1.2.1. Materiale folosite și modul de lucru

Cercetările s-au efectuat asupra unor compoziții de beton, folosind două dozaje de ciciment tip M30.

În prepararea amestecurilor s-a folosit aditivul mixt Disan și pentru comparație superfluidizantul Flubet produs de ICECHIM. În paralel s-a studiat și o compoziție de beton cu adaos de cenușă de termocentrală ca înlocuitor parțial de ciment. Caracteristicile materialelor utilizate la prepararea betoanelor s-au încadrat în limitele prevăzute de standarde. La alcătuirea compoziției betonului s-a ținut seama de principalii factori de compoziție indicați la pct. 1.1.

Curba granulometrică a agregatelor a fost:

ochi ciur, Ø mm	5	15	31
trec, %	45	68	100

Curba granulometrică a nisipului (0—5 mm) a fost:

ochi sită, Ø mm	0,09	0,2	1	3	5
trec, %	4,2	9,6	59,7	85,9	100

Modulul de finețe $m = 2{,}5$.

Pe corpuri de probă confecționate și păstrate conform STAS 1275-70, s-au determinat rezistențele mecanice și gradul de impermeabilitate.

1.2.2. Proprietăți fizico-mecanice ale betoanelor cercetate

Rezultatele determinărilor și încercărilor pe betonul proaspăt și întărit sînt prezentate în tabelul 1.

Amestecurile de beton în stare proaspătă au avut lucrabilitatea și omogenitatea corespunzătoare betonului pompat.

Rezultatele obținute pe betonul întărit indică realizarea condițiilor tehnice impuse (B. 200, P8) de către toate compozițiile studiate.

Se constată că prin folosirea aditivului superfluidizant la prepararea betoanelor pompate (tabelul 1, comp. 4—6) se asigură o reducere a cantității apei de amestecare (cu pînă la 8%) față de betonul cu aditiv Disan, în condițiile menținerii constante a lucrabilității și ca urmare se realizează o creștere a rezistenței betonului cu 20—25% (la 28 de zile), ceea ce permite o reducere a dozajului de ciment.

Lucrabilitatea betonului de pompaj, mai ales în cazul utilizării aditivului superfluidizant se diminuează în timp, fiind influențată de tipul de ciment, de viteza și durata de malaxare, de cantitatea de aditiv ș.a. Pentru a reda betonului lucrabilitatea necesară, înainte de punerea în lucrare se va proceda la o dozare suplimentară a aditivului, odată cu reamestecarea (fig. 2).

În cazul distanțelor relativ mari de transport, cînd punerea în lucrare nu se poate face în intervalul de timp prevăzut [7], este indicat ca aditivul să fie adăugat înainte de punerea în lucrare, procedîndu-se cu această ocazie la reamestecarea betonului.

Rezultatele obținute în laborator pot constitui o bază pentru abordarea experimentărilor pe șantier.

Prin aceasta, pe de o parte, constructorul va fi confruntat cu problemele tehnologice specifice și, pe de alta, se vor putea obține date privind omogenitatea betoanelor pompate în condițiile folosirii aditivului superfluidizant și a adaosului de cenușă de termocentrală, componente care prezintă o variabilitate proprie a caracteristicilor de la un lot la altul.

Concluzii și recomandări

— Proprietățile betonului pompat sînt influențate în mare măsură de compoziția granulometrică și, cu deosebire, de conținutul de părți fine, de consistența și omogenitatea amestecului, de natura aditivilor tensioactivi, de dozarea corectă și buna omogenizare a constituenților.

— Există posibilitatea folosirii la betoanele pompate a unui nou tip de aditivi indigen (superfluidizant) și a adaosului de cenușă, ca înlocuitor parțial de ciment, componente în măsură să contribuie la îmbunătățirea proprietăților betonului proaspăt și întărit, la sporirea eficienței folosirii acestei categorii de beton.

Aplicarea aditivului Flubet la betoane simple și armate este reglementată de „Instrucțiunile tehnice de utilizare a aditivului superplasti-

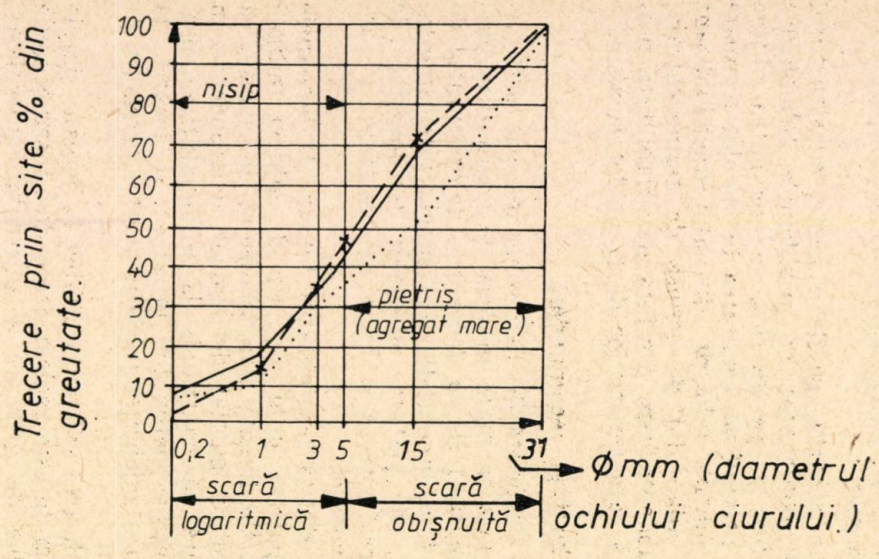


Fig. 1. Curbele granulometrice ale agregatelor pentru betoane pompate : ———— curba agregatului utilizat în studiu [1]; ——— curba Fuller. . . . . curba Waynce [2].

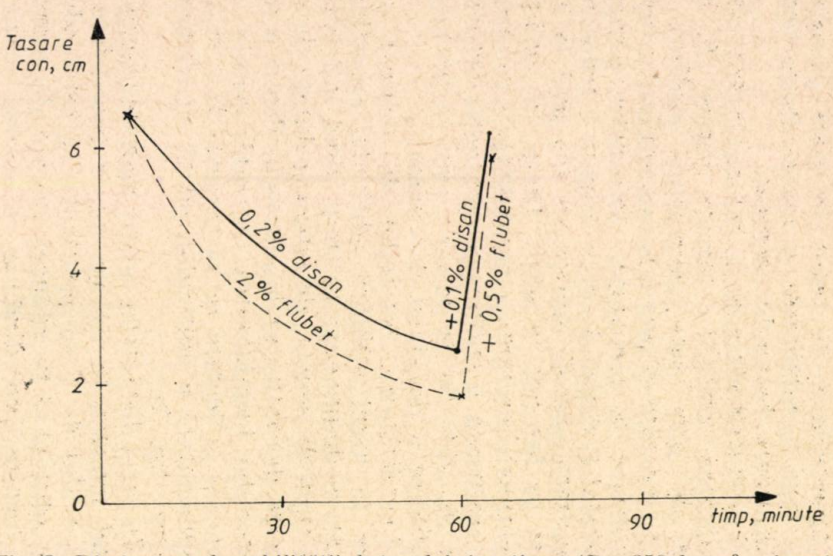


Fig. 2. Diminuarea lucrabilității betonului în timp (D =350 kg/m³, ciment M 30, granula — maximum 31 mm).

Caracteristicile fizico-mecanice ale compozițiilor de betoane pompate studiate *Tabelul 1*

Nr. comp.	Tip ciment	Dozaj ciment, kg/m³	Dozaj cenușă înlocuitor de: ciment kg/m³	Dozaj cenușă înlocuitor de: nisip 0—3 mm kg/m³	a/l	Tasare con, cm	Tip aditiv, %	Aer antrenat, %	Densitatea aparentă beton, kg/m³: proaspăt	Densitatea aparentă beton, kg/m³: la 48 ore	Cantitatea de fin (ciment + nisip < 0,2 mm), kg/m³	Rc, daN/cm²: 7 zile	Rc, daN/cm²: 28 zile	Rc, daN/cm²: 90 zile	Rt, daN/cm²: 28 zile	Rt, daN/cm²: 90 zile	Grad de impermeabilitate, P: 28 zile	Grad de impermeabilitate, P: 90 zile	Observații
1	M 30	350	—	—	0,47	7±0,5	Disan 0,2	5±0,5	2320	2290	430	180	269	311	26	27	P8	P8	
2	M 30	325	—	—	0,51	7±0,5	Disan 0,2	5±0,5	2310	2280	405	149	232	299	23	24	P8	P8	
3	M 30	305	45	30	0,50	7±0,5	Disan 0,2	5±0,5	2300	2270	460	162	256	353	24	25	P8	P8	Dozaj de ciment redus cu 13% prin înlocuire cu cenușă
4	M 30	350	—	—	0,44	7±0,5	Flubet 2	3,5±0,5	2380	2350	430	254	340	376	32	33	P8	P8	
5	M 30	325	—	—	0,47	7±0,5	Flubet 2	3,5±0,5	2370	2340	405	193	293	324	23	25	P8	P8	
6	M 30	305	45	30	0,46	7±0,5	Flubet 2	3,5±0,5	2350	2320	460	200	310	381	29	33	P8	P8	Dozaj de ciment redus cu 13% prin înlocuire cu cenușă

NOTE : Cenușă de la C.T.E. Işalnița corespunzătoare C 189—79. Flubet, aditiv superfluidizant produs de ICECHIM.

fiant Flubet la prepararea betoanelor "[7], elaborate de INCERC.

Influența adaosului de cenușă de centrală termoelectrică asupra coroziunii armăturii din betonul confecționat cu ciment M30 a fost cercetată de INCERC, care recomandă limitarea la maximum 15% a conținutului de cenușă înlocuitor de ciment la betoanele armate [8].

— Avantajele folosirii betonului pompat, apreciate prin însemnate economii de timp, energie și investiții, în comparație cu cazul folosirii la construcții a betonului obișnuit, impun extinderea aplicării lui pe scară largă în domeniul lucrărilor hidrotehnice, în special la galerii și la ziduri de sprijin, radiere, bajoaiere ș.a. În cazul acestor din urmă lucrări, avînd în vedere necesitatea folosirii unor agregate cu granula maximă >40 mm, se impune asimilarea în țară a unor pompe de beton adecvate. Aceasta ar contribui la o reducere sensibilă a manoperei prin mecanizarea lucrărilor de betonare, la o turnare mai rapidă și ușoară în elemente greu accesibile, fără operații și manevre intermediare, la sporirea productivității la punerea în lucrare a unor volume mari de beton, cu consecințe favorabile asupra calității și eficienței lucrărilor hidrotehnice.

Bibliografie

[1] * * * *Normativ pentru executarea lucrărilor din beton și beton armat. C 140—79.*

[2] Wagnee, A. *Analysing Concrete Mixtures for Pompability.* În: J.A.C.I., vol. 74, septembrie ,1977.

[3] * * * *STAS 4606-80. Agregate naturale grele pentru betoane și mortare cu lianți minerali. Metode de încercare.*

[4] Moldovan, V. *Aditivi în betoane.* Editura tehnică, București, 1978.

[5] Enescu, St., Ionescu, E. și Teslaru, S. *Influența aditivilor asupra proprietăților betoanelor.* În: Revista materiale de construcții, vol. 11, nr. 2, 1981.

[6] Avram, C., Bob, C., Jebeleanu, E. și Korec, I *Influența unor noi aditivi asupra proprietăților betonului.* În: Revista materiale de construcții, vol. 10, nr. 4, 1980.

[7] * * * *Instrucțiuni tehnice de utilizare a aditivului superplastifiant Flubet la prepararea betoanelor.* INCERC—ICCPDC, 1982.

[8] * * * *Influența adaosurilor de 15% pînă la 40% de cenușă de termocentrală asupra coroziunii armăturii din beton.* Ref. INCERC, 1975.

(Primit la 27 februarie 1982, acceptat la 4 noiembrie 1982)

Invenții—Inovații*

(54) **RELEU DIFERENȚIAL**
(72) Inventator: **dr. ing. Alexandru Pantea**
(21) Dosar nr. 89369
(22) Data înregistrării: 12.02.1977
(45) Data publicării: 08.04.1980
(51) Cl. int.: **H 01 H 63/02**
(11) Descrierea invenției 69089
(73) Titular: **IRE Ploiești**

Prezenta invenție se referă la un releu diferențial care se utilizează la protejarea generatoarelor și transformatoarelor electrice, realizînd protecția diferențială ca protecție de bază a acestora la defecte interne.

Se dă în continuare un exemplu de realizare a invenției (fig. 1), care prezintă schema de principiu a releului și legarea acestuia în schema de protecție diferențială pe o fază a unui transformator.

Conform invenției, curenții secundari I_1 și I_2 sînt aplicați la bornele *1* și *2*, iar curentul diferențial I_d la borna *3* a releului.

Curentul I_1 din primul transformator Tr_1 creează în secundar o tensiune care se aplică unor diode și rezistențe legate în inel, D_1, D_2, D_3, D_4 R_1, R_2, R_3 și R_4, iar curentul I_2 prin al doilea transformator Tr_2 creează în secundar o tensiune care se aplică mijlocului înfășurării secundare a transformatorului Tr_1 și legăturii dintre două condensatoare C_1 și C_2, precum și mijlocului înfășurărilor *4* și *5* ale releului de execuție *RE*. Tensiunea redresată obținută din diodele în inel se aplică condensatoarelor C_1 și C_2, precum și înfășurării *6* și *7* a releului de execuție *RE*.

Curentul de diferență I_d circulă prin primarul transformatorului diferențial Tr_d, prevăzut cu bornele *8—16*, pentru reglarea numărului de spire prin care trece curentul I_d. În secundarul transformatorului Tr_d apare o tensiune care este redresată printr-o punte *P* și aplicată printr-o rezistență R_5 înfășurărilor *17—18* ale releului de execuție *RE*.

În funcționare normală sau la apariția unui scurtcircuit exterior curentul diferențial:

$$I_d = I_2 - I_1 \qquad (1)$$

iar curenții I_1 și I_2 prin Tr_1 și Tr_2 creează tensiuni secundare, astfel că tensiunea continuă care apare la bornele *6—7* este negativă (plusul la borna *6*):

$$U_{7-6} < 0 \qquad (2)$$

Oricît de mari ar fi curenții I_1 și I_2, $U_{6-7} < 0$ nu acționează releul *RE*, astfel încît contactul *19—20* *RE* rămîne deschis. Curentul de diferență apare ca un curent de dezechilibru $I_d \neq 0$ care micșorează fluxul produs de U_{7-5} prin fluxul de polaritate inversă creat de tensiunea U_{7-21}.

În concluzie, în funcționarea normală sau la un defect exterior, releul *RE* nu își închide contactul.

În cazul unui scurtcircuit interior pot apărea două situații: a) defectul este alimentat numai pe partea de înaltă tensiune, IT, sau medie, MT, deci alimentarea dintr-o singură parte și curentul de diferență:

$$I_d = I_1. \qquad (3)$$

În acest caz comparatorul de fază creează la ieșire o tensiune:

$$U_{7-6} = 0, \qquad (4)$$

iar curentul diferențial I_d, prin transformatorul Tr_d transmite la bornele *7—21* o tensiune $U_{7-21} > 0$, astfel că releul *RE* își închide contactul *19—20*.

* Rubrică întocmită de ing. C. C. Văideanu — ICEMENERG.

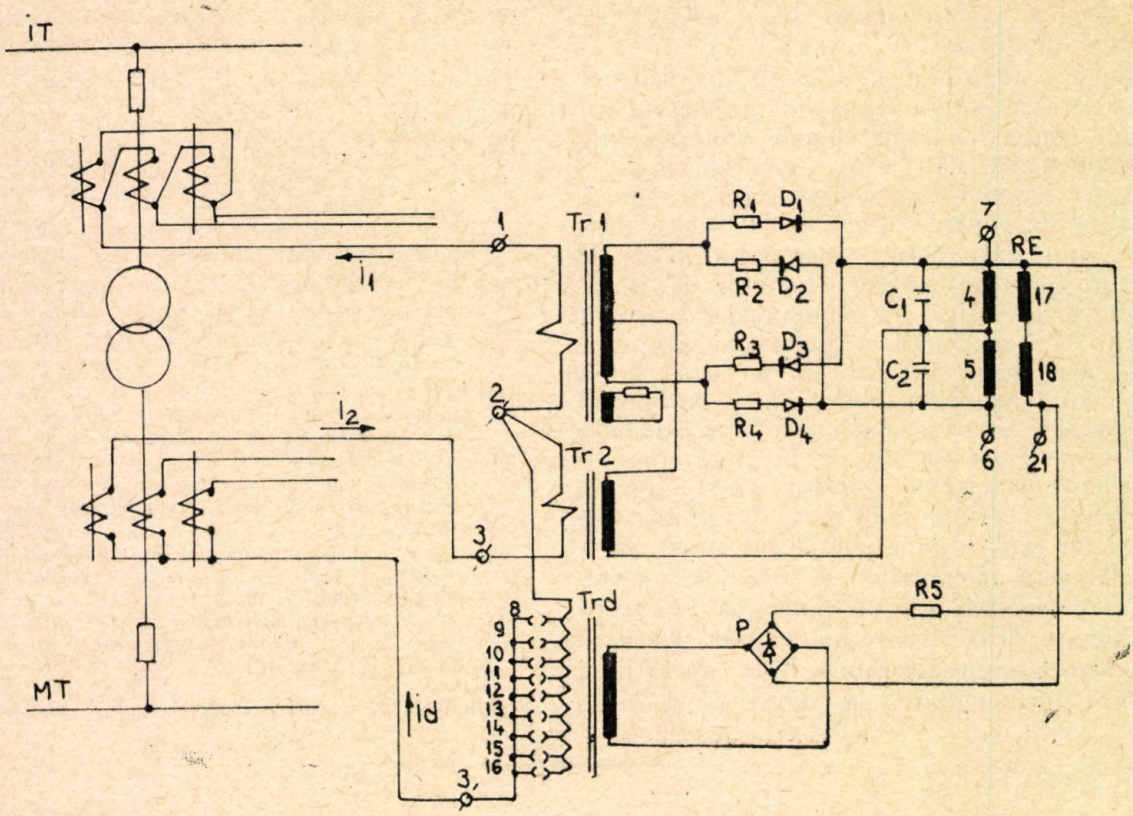


Fig. 1

b) Defectul este alimentat din ambele părți, înaltă și medie tensiune, atunci cînd :

$$I_d = I_1 + I_2,$$

iar la bornele 7—6 ale comparatorului de tensiune apare o tensiune :

$$U_{7-6} < 0, \qquad (6)$$

plus la borna 7, care creează un flux în fază cu fluxul dat de tensiunea redresată U_{7-21} produsă de curentul diferențial I_d și contactul *19—20 RE* se închide.

La concetarea în gol a transformatorului, contactul *19—20 RE* nu se închide, deoarece transformatorul Tr_d este un transformator cu saturație rapidă.

Prezenta invenție are următoarele avantaje :

— nu necesită egalizarea curenților protecției, ci numai respectarea conexiunilor ;

— nu este influențată de curentul de dezechilibru, deci transformatoarele de curent ale protecției diferențiale pot fi de orice clasă ;

— asigură o funcționare sigură a protecției diferențiale la defectele interne și blocarea la defecte exterioare ;

— are o sensibilitate ridicată.

Bibliografie

[1] * * * *Brevet Franța nr. 2191319.*

Simpozionul național al rețelelor electrice
— Craiova, 1982 —

În zilele de 6—8 octombrie 1982 a avut loc la Craiova, ediția a II-a a Simpozionului Național al Rețelelor Electrice—SNRE, manifestare științifică organizată de Centrala Industrială de Rețele Electrice în colaborare cu Secția Energetică CNIT, Comitetul Național Român CIGRE, Universitatea Craiova și IRE Craiova, avînd ca scop crearea unui cadru adecvat în vederea continuării schimbului de opinii competente între specialiștii care lucrează și au obținut rezultate valoroase în domeniul rețelelor electrice.

Lucrările ședinței plenare de deschidere a simpozionului au fost conduse de ing. Laurențiu Sava, director CIRE, președintele comitetului de organizare. Au luat cuvîntul ing. Emil Barbu—Director general al CIRE, prof. dr. doc. ing. Vasile Nitu, președintele Secției Energetice a CNIT; dr. ing. Călin Mihăileanu președintele Comitetului Național Român—CIGRE, Director General ICCE, dr. ing. Gheorghe Stoica director IRE Craiova, prof. dr. ing. Cornel Ambrozie decanul Facultății de Electrotehnică a Universității Craiova, dr. Costică Chițimia primarul orașului Craiova.

Lucrările simpozionului au fost deschise de ing. Dumitru Popescu Adjunct al Ministrului Energiei Electrice.

Avînd la bază tematica-cadru a primului simpozion de rețele electrice, care a avut loc la Iași în octombrie 1981, cu unele îmbunătățiri ale problematicii și modului de organizare, această prestigioasă manifestare tehnico-științifică a cuprins trei secții și două mese rotunde cu următoarea tematică:

— Concepții noi privind dezvoltarea rețelelor electrice de transport și distribuție.

— Preocupări pe linia exploatării și întreținerii rețelelor electrice, a automatizărilor, protecțiilor și instalațiilor de transmisie.

— Soluții de economisire a energiei electrice în rețelele de transport și distribuție.

— Masa rotundă privind teleconducerea instalațiilor electrice.

— Masa rotundă privind reducerea consumului propriu tehnologic în rețelele electrice.

Importanța problematicii dezbătute în cadrul lucrărilor simpozionului a impus participarea unor cadre cu funcții de răspundere din cadrul M.E.E., CNIT, CNR și IRE-uri, fapt care a făcut să crească substanțial nivelul calitativ al dezbaterilor.

Amploarea acordată acestei manifestări rezultă și din faptul că la lucrările sale au participat 268 de delegați, dintre care 128 din partea IRE-urilor, 37 — din cadrul institutelor de învățămînt superior, 48 — din partea unor institute de proiectare și inginerie tehnologică de specialitate, din cadrul sau din afara M.E.E., și 54 — din cadrul M.E.E., CIRE, DEN, TEM, licee energetice etc.

O mențiune specială trebuie făcută pentru interesul de care s-a bucurat masa rotundă privind teleconducerea instalațiilor electrice, la care au participat peste 170 de delegați, dintre care 37 și-au exprimat opiniile asupra problemelor dezbătute.

Analiza celor 115 referate prezentate și a propunerilor făcute de participanți pe parcursul desfășurării lucrărilor a demonstrat că actuala ediție a acestui simpozion a avut un nivel tehnic ridicat, contribuind la depistarea și selectarea pentru aplicare în etapa actuală a unor noi soluții, tehnologii și metode de lucru.

Dintre referatele și comunicările care au prezentat un interes deosebit, se remarcă cele care au tratat următoarele probleme:

— Stocarea energiei electromagnetice pe cale supraconductoare.

— Transmisia la distanță a energiei prin microunde.

— Posibilitățile de creștere a siguranței în funcționare a instalațiilor și echipamentelor din rețelele electrice.

— Introducerea tensiunii de 750 kV în SEN.

— Perspectiva dezvoltării rețelelor electrice și a echipamentelor din rețelele electrice aferente acestora.

— Introducerea și extinderea unor noi metode și tehnologii referitoare la activitatea IRE, utilizînd calculatoarele electronice.

— Introducerea unor tehnologii noi pentru profilaxia instalațiilor.

— Posibilitățile de modernizare a protecțiilor prin relee și a automatizărilor în rețele.

— Adaptarea unor regimuri economice în funcționarea rețelelor electrice.

— Stabilirea unor soluții eficiente pentru limitarea regimului deformant, îmbunătățirea factorului de putere și în general a problemelor de relații furnizor-consumator.

— Noi soluții pentru reducerea în continuare a consumului propriu tehnologic în rețele.

Simpozionul a avut un pronunțat caracter de informare tehnico-științifică, a constituit un util schimb de opinii între specialiștii care lucrează în domeniul rețelelor electrice și a permis stabilirea unor direcții de acțiune cu aplicabilitate imediată și de perspectivă.

Dintre ideile valoroase care s-au reținut pentru valorificare menționăm:

— Necesitatea informării personalului care lucrează în domeniul rețelelor electrice (cercetare, proiectare, construcții-montaj și exploatare) asupra problemelor dezbătute în cadrul lucrărilor SNRE ediția 1982.

— Corelarea prevederilor studiilor de dezvoltare a rețelelor electrice cu planul de asimilări de produse noi al principalilor furnizori de echipamente electroenergetice din țară și introducerea acestora în proiectele tip pentru proiectarea și execuția instalațiilor electrice.

— Asigurarea pentru protecția instalațiilor de 750 kV a unor relee și automatizări cu performanțe superioare și grad de fiabilitate ridicat.

— Necesitatea cunoașterii încă din faza de proiectare a utilajelor, sculelor și dispozitivelor necesare exploatării instalațiilor de 750 kV.

— Îmbunătățirea contactelor electrice între suprafețe de metale diferite utilizate la clemele de legături electrice.

— Necesitatea introducerii a noi tipuri de transformatoare de tensiune pentru rețele de înaltă tensiune.

— Introducerea unor sisteme moderne de exploatare a instalațiilor electrice, utilizînd calculatoare electronice.
— Creșterea siguranței în funcționare a stațiilor exploatate fără personal.
— Asigurarea funcționării aparatajului de înaltă tensiune în condiții de seism.
— Necesitatea regenerării uleiului electroizolant de transformator.
— Modernizarea conservatorului cu ulei la AT. 400 și 200 MVA.
— Extinderea utilizării calculatoarelor electronice în activitățile de exploatare și întreținere a instalațiilor.
— Modernizarea trafo de distribuție reparate în atelier.
— Soluții noi privind tratarea neutrului rețelelor de 110 și medie tensiune.
— Stabilirea unor soluții tehnico-economice pentru realizarea instalațiilor de legare la pămînt în rețele de m.t. tratate prin rezistență.
— Îmbunătățirea performanțelor aparatelor de măsură utilizate în rețeaua de joasă tensiune.
— Optimizarea circulației de putere reactivă în SEN.
— Stabilirea unor soluții cu aparataj din țară pentru compensarea puterii reactive.
— Optimizarea funcționării rețelei de 110 kV cu luarea în considerare a minimizării pierderilor și asigurarea continuității în alimentarea consumatorilor importanți.
— Necesitatea revizuirii valorii factorului de putere neutral, funcție de amplasarea zonelor de rețea.
— Stabilirea unor soluții de verificare a contoarelor electrice la fața locului.

O mențiune cu totul aparte trebuie făcută în ceea ce privește organizarea lucrărilor simpozionului, merite deosebite în acest sens revenind IRE Craiova și Universității Craiova, care au creat un cadru adecvat desfășurării în bune condiții a acestei manifestări.

De asemenea, se cuvine amintită contribuția CIAME Craiova și a CCSIT „Electroputere", care au asigurat condițiile necesare vizitării de către toți participanții la simpozion a laboratoarelor și standurilor de încercări a echipamentelor din dotare, prezentînd pe larg performanțele acestora și dînd celor interesați explicații suplimentare asupra unor aspecte de detaliu.

Ing. **C. Radu** — CIRE

Recenzii

P. DINCULESCU și F. SISAK, **Instalații și echipamente electrice.** Editura Didactică și Pedagogică, București, 1981, 288 p.

Scrisă sub forma unui manual destinat studenților subingineri de la specialitățile electrotehnică, mașini și aparate electrice, lucrarea tratează problemele teoretice și practice ale instalațiilor electrice de distribuție și utilizare la consumatorii industriali, în joasă tensiune.

Axat pe problematica iluminatului electric, precum și pe prezentarea unor echipamente electrice uzuale din întreprinderile industriale, manualul înglobează cunoștiințele care fac obiectul a ceea ce în denumirea clasică reprezintă „instalațiile de lumină și forță".

Cartea este concepută ca o lucrare care corelează, sintetizează și încheie suita disciplinelor de învățămînt de la cursurile de subingineri, în profilul mai sus precizat, în cadrul cărora studenții și-au însușit problemele fundamentale ale echipamentelor electrice.

În plus, în scopul completării profilului specialistului în domeniul electrotehnic și pentru a lărgi viziunea sa privitoare la sistemul în care se încadrează echipamentele exploatate, sînt prezentate cîteva probleme generale, referitoare la producerea, transportul și alimentarea cu energie electrică consumatorilor ,care nu fac obiectul altor discipline aferente specialității.

Manualul este structurat pe șapte capitole și opt anexe, a căror succesiune urmărește fazele de producere a energiei electrice, transportul și distribuția acesteia, după care se ocupă de utilizarea acestei forme de energie.

Astfel, capitolul 1 se ocupă sumar de instalațiile de producere, transport și distribuție a energiei electrice : definirea sistemului electroenergetic, centrale termoelectrice, centrale hidroelectrice, centrale nucleare electrice, instalații de transport și distribuție a energiei electrice, instalații de alimentare cu energie electrică a consumatorilor, curbele de sarcină și mărimile lor caracteristice, calitățile energiei electrice și efectele ei asupra funcționării receptoarelor.

În capitolul 2 sînt prezentate rețelele electrice de joasă tensiune la consumator : schemele rețelelor electrice, elementele lor componente, încărcările maxime admise ale conductoarelor, calculul pierderilor de tensiune în rețelele de distribuție.

Capitolul 3 al manualului este rezervat problemelor de dimensionare a instalațiilor electrice de joasă tensiune : protecția instalațiilor electrice, dimensionarea circuitelor și a coloanelor de lumină și prize, dimensionarea circuitelor și a coloanelor de forță, verificarea instalațiilor electrice de iluminat și forță la pierderea de tensiune. Capitolul se încheie cu prezentarea unor reguli pentru executarea instalațiilor de lumină și forță.

Capitolul 4, care ocupă cea mai mare parte din volumul cărții, este rezervat instalațiilor de iluminat. În cadrul acestui capitol sînt prezentate în exclusivitate problemele fizicii surselor de lumină și ale calculului fotometric al iluminatului electric.

În capitolul 5 sînt tratate problemele reducerii circulației de putere reactivă, în instalațiile consumatorului și, respectiv, îmbunătățirea factorului de putere pe căi naturale și artificiale (în mod deosebit se prezintă problemele de compensare a puterii și energiei reactive cu ajutorul bateriilor de condensatoare).

Capitolul 6 al cărții prezintă aspectele principale ale electrosecurității în instalațiile electrice, insistîndu-se asupra mijloacelor de protecție împotriva electrocutării : izolarea, alimentarea la tensiune redusă, separarea de protecție, legarea la pămînt de protecție, legarea la nul de protecție și deconectarea automată rapidă de protecție.

Ultimul capitol al lucrării, capitolul 7, se ocupă de echipamentele electrice ale posturilor de transformare, mașinilor-unelte, instalațiilor electrotermice, precum și de echipamentul de pornire și protecție al motoarelor asincrone.

Cele opt anexe de la sfîrșitul manualului prezintă completări utile proiectării instalațiilor electrice de lumină și forță : semne convenționale pentru instalații electrice, reguli pentru întocmirea documentației tehnice desenate, notarea corpurilor de iluminat în planul instalației electrice de iluminat, corpuri de iluminat pentru lămpi cu incandescență, corpuri de iluminat pentru lămpi fluorescente tubulare, curbe fotometrice și factori de utilizare pentru corpuri de iluminat cu lămpi fluorescente, curbe fotometrice și factori de utilizare pentru corpuri de iluminat cu lămpi cu vapori de mercur de înaltă presiune și, în final, factorii de reflexie ai suprafețelor în instalațiile de iluminat.

Trecerea în revistă a conținutului cărții scoate în evidență faptul că aceasta abordează într-un număr relativ redus de pagini o gamă foarte largă de probleme referitoare la instalațiile de joasă tensiune la consumator. Cu privire la calitatea energiei utilizate de consumatorii industriali considerăm că ar fi fost utilă includerea în manual a cîtorva noțiuni privind fiabilitatea instalațiilor

electrice, problemele esențiale ale regimului deformant în interdependența sa cu regimul reactiv, probleme de flicher ca și, în mod deosebit, probleme de utilizare rațională a energiei electrice, cu accent pe cîteva cunoștințe sumare legate de bilanțurile electroenergetice.

Lăsînd la o parte aceste completări, ce pot fi făcute într-o nouă ediție a lucrării, subliniem meritele deosebite didactice și științifice, ale manualului, reflectate într-o expunere clară, coerentă și o mare încărcătură de conținut practic.

Lecturarea acestui manual, care are la bază o amplă bibliografie (70 de titluri) pune cititorul în contact cu un adevărat îndrumar de proiectare al instalațiilor electrice de lumină și forță, foarte util nu numai viitorilor specialiști în domeniu, dar și celor deja formați, care lucrează în proiectarea, construcția sau exploatarea acestui gen de instalații.

În domeniul abordat de lucrare, literatura din țara noastră nu este destul de bogată, motiv pentru care considerăm foarte bine venită această lucrare, care se completează metodic cu alte lucrări ce conțin aplicații directe (probleme) în același domeniu.

Ing. **Romulus Sfichi**

Publicații recente

* * * — **Prezentul și viitorul energiei solare.** Editura Academiei, București, 1982, 272 p.

Volumul cuprinde lucrările simpozionului desfășurat sub egida „Colectivului de prognoză" al Academiei R.S. România, condus de prof. Mircea Malița, membru corespondent al Academiei R.S. România, și face parte din seria „Probleme fundamentale ale omenirii". Sînt prezentate lucrări semnate de personalități marcante ale științei și tehnicii românești: acad. Ioan Ursu, prof. dr. Coletta De Sabata, conf. dr. ing. Călin Mihăileanu, prof. dr. ing. Costin Moțoiu, prof. dr. Ion Dima etc., care abordează teme legate de preocupările și realizările românești și mondiale privind conversia energiei solare, a difuziei și penetrării tehnologiilor energetice solare. Sînt analizate strategiile și opțiunile energetice românești și din alte țări în contextul introducerii noilor surse de energie (de exemplu: energia solară, biomasa, biogazul, fotosinteza etc.), cît și impactul apropiat al acestora asupra mediului înconjurător. Este tratată în mod original problema „Cît este practic utilizabil din energia solară"?, indicîndu-se necesitatea ca pe termen mediu și lung, la nivelul unui sistem național de energie, să se acorde atenție atît dezvoltării energeticii resurselor convenționale (cărbune, nucleare), cît și celor neconvenționale.

Sînt abordate probleme de un deosebit interes, de la obținerea căldurii și a energiei electrice la obținerea frigului prin intermediul energiei solare. De asemenea, experimentele românești de utilizare în habitat a noilor surse de energie sînt amplu investigate. Din sumar: Energia solară — în prezent și în perspectivă; Strategii și opțiuni energetice solare; Utilizarea energiei solare: realizări și perspective; Instalații frigorifice solare; Stocarea energiei termice solare; Energetica zecilor de kW; Direcții în arhitectura solară; Hidrogenul — purtător al energiei solare; Biomasa și biogazul; Cooperarea internațională în promovarea energiei solare.

Volumul se va bucura de un interes deosebit atît în rîndul energeticienilor (cercetare, proiectare, învățămînt), fizicienilor, chimiștilor, planificatorilor sociali, biologilor, cadrelor tehnice din agricultură, cît și în rîndul publicului larg ce caută răspuns la întrebările viitorului.

Lucrarea este însoțită de un rezumat și o tablă de materii în limba engleză.

(Din catalogul „Cărți în curs de apariție", Centrala Editorială, București, nr 3/1982)

NEAGU, FL. Înghețarea rocilor la construcțiile subterane. Editura tehnică, București, 1982, 320p.

Metoda consolidării rocilor acvifere în tehnologiile de construcții subterane, are, datorită performanțelor sale, o utilizare din ce în ce mai largă în lucrări inginerești ca: fundații, rețele edilitare subterane, căi de comunicații, tuneluri, puțuri de mină și altele asemănătoare. Această metodă se impune, adesea, ca unică alternativă tehnologică în condiții complicate geotehnice și hidrogeologice.

Lucrarea cuprinde evaluarea schimbărilor de stare a solurilor acvifere prin înghețarea lor artificială în scopul protecției lucrărilor temporare de construcții și deopotrivă metodologia de diensionare a instalațiilor frigorifice necesare acestei tehnologii. Partea ilustrativă a cărții este clădită pe date și exemple alese din practica inginerească din țară sau străinătate.

Cartea poate fi utilă specialiștilor proiectanți și cercetătorilor din domeniul construcțiilor civile și industriale; ea oferă material documentar de referință și pentru practicienii din domeniul construcțiilor de tuneluri, drumuri, poduri, metrouri, lucrări miniere și portuare. Ea ar putea constitui, de asemenea, suportul capitolului „metoda înghețării" din cursul de metode speciale în construcții subterane pentru studenții din anii superiori de la specialitățile de construcții, mine, instalații, mecanică.

(Din catalogul „Cărți în curs de apariție", Centrala editorială, București, nr. 3/1982)

ALDEA, M., POSTELNICESCU, M. ș.a. Cazane de abur și recipiente sub presiune. Îndrumător. Editura tehnică, București, 1982, 720 p.

Lucrarea constituie ediția a III-a a lucrării cu același titlu, apărută în anul 1972, și prezintă principalele tipuri constructive de cazane cu abur și recipiente sub presiune întîlnite în țara noastră, tehnologia și materialele folosite la fabricația acestora, metodele de calcul termic, hidraulic și de rezistență recomandate pentru proiectarea lor, precum și indicații referitoare la executarea controlului pe parcursul fabricării acestor echipamente energetice, precum și în timpul funcționării, exploatării și reparării lor.

Lucrarea este actualizată și îmbunătățită, cuprinzînd ultimele realizări și tendințe în domeniul construcției cazanelor de abur, noile materiale și caracteristici, problemele tehnologiei moderne a oțelurilor de înaltă rezistență, condițiile de recepție și control ale instalațiilor sub presiune, noile concepții de calcul și proiectare, problemele noi privind încercările cazanelor cu parametri ridicați, precum și sistemele de reglare și protecție automată realizate în țară.

Cuprins: construcția instalațiilor care lucrează sub presiune; influența prelucrării metalelor; influența condițiilor de lucru asupra materialului; prevederi legale și reguli tehnice de condiționare a regimurilor speciale de supraveghere tehnică a instalațiilor care lucrează sub presiune; alegerea și folosirea corespunzătoare a materialelor metalice de la instalații sub presiune; materiale de adaos folosite la execuția îmbinărilor sudate; operații pregătitoare pentru realizarea pieselor componente ale elementelor sub presiune; îmbinarea elementelor de rezistență (sudarea și mandrinarea); încercarea și examinarea materialelor metalice și a îmbinărilor sudate; verificarea tehnică a instalațiilor; construcția cazanelor de abur; calculul termic al cazanelor; calculul aerogazor dinamic al cazanelor; chimia apei de cazan; construcția și calculul recipientelor sub presiune; instalații speciale; armături; dispozitive de control și siguranță; avarii ale elementelor sub presiune.

(Din catalogul „Cărți în curs de apariție", Centrala editorială, București, nr. 3/1982).

LEMNEANU, N., CRISTEA E. și JIANU, C. Instalații de ardere cu combustibili lichizi. Editura tehnică, București, 1982, 400 p.

Lucrarea prezintă principalele elemente teoretice și aspectele practice ale arderii combustibililor lichizi în instalațiile industriale.

În primele două capitole sînt tratate problemele și arderea jeturilor de combustibil lichid, iar în următoarele cinci capitole sînt prezentate tipurile uzuale constructive de arzătoare întîlnite în instalațiile de ardere industriale (arzătoare cu pulverizare mecanică prin presiune și cu pulverizare prin fluide auxiliare, arzătoare rotative, arzătoare cu pulverizare prin ultrasunete, arzătoare cu vaporizare). În continuare sînt prezentate o serie de elemente privind instalația de automatizare a arzătoarelor de combustibili lichizi, aprinzătoare, supraveghetoare de flacără.
Lucrarea se încheie cu prezentarea măsurilor termotehnice specifice instalațiilor și proceselor de ardere (calculul și controlul arderii, analiza gazelor arse, măsurarea nivelului de zgomot). Lucrarea se adresează inginerilor care proiectează și exploatează instalațiile industriale de ardere.

(Din catalogul „Cărți în curs de apariție", Centrala editorială, București, nr. 3/1982)

MĂCRIȘ, A., H.M. TĂNASE și C. RAICA. Montarea turboagregatelor termoenergetice. Vol. I și II, Editura tehnică, București, 1982, 192 + 182 p.

Lucrare de interes practic imediat, energetica românească constituind și în perioada următoare un vast șantier de montaj, ca ramură industrială cu investiții deosebit de ample.
Lucrarea evidențiază principiile, metodologiile și soluțiile tehnologice pe fazele și etapele de montaj al blocurilor termoenergetice moderne. Tehnologiile prezentate sînt aplicabile și la executarea operațiilor curente de revizie sau reparație ale acestora și sînt independente de particularitățile constructive ale echipajului și utilajelor. Aspectele de ordin tehnic, tehnologic și organizatoric ale fluxului de montaj sînt argumentate și sistematizate pînă la nivelul unor proceduri de acțiune, lucrarea constituind un îndrumar pentru rezolvarea problemelor de o deosebită tehnicitate și răspundere care apar în practică.
Cuprins : organizarea lucrărilor de montaj ; rezemarea pe fundație ; montarea turbinei ; centrarea turbinei ; montarea și centrarea turbogeneratorului ; montarea circuitelor de abur și ulei ; reglarea turboagregatului ; probe tehnologice finale. Lucrarea constituie în egală măsură un manual indispensabil școlarizării echipelor de cadre tehnice care lucrează la montarea, repararea și exploatarea utilajelor din centralele termoelectrice — muncitori de înaltă calificare, maiștri, tehnicieni, precum și un ghid al activității efective a acestora.

(Din catalogul „Cărți în curs de apariție", Centrala editorială București, nr. 3/1982)

MIHAILĂ, C. Procese termodinamice în sisteme „solid-gaz" și aplicațiile lor în industrie. Editura tehnică, București, 1982, 256 p.

Lucrarea se înscrie în tematica majoră a preocupărilor specialiștilor noștri de utilizare a noi agenți termodinamici, care să permită creșterea suprafeței de transfer de căldură și masă.
În acest sens, în ultimii ani au ieșit în evidență avantajele spectaculoase ale agenților bifazici de tipul „solid-gaz", agenți care devin tot mai răspîndiți în economia noastră națională. În partea întîi și a doua a lucrării intitulate „Bazele gazodinamicii sistemelor disperse" și „Bazele transferului de căldură și masă în sisteme „solid-gaz", sînt prezentate problemele teoretice fundamentale ale proceselor fizice de curgere și transfer de masă și căldură, pentru straturi granulare fixe, fluidizate, suspensii cu transport pneumatic etc., pe baza celor mai noi teorii și rezultate experimentale din acest domeniu, însoțite de exemple de calcul. Partea a treia — „Aplicațiile sistemelor solid-gaz în industrie", tratează clasa de aparate și instalații termotehnice cu transfer de căldură și masă în curenți bifazici „solid gaz", cu exemplificări din termoenergetică, industria chimică, metalurgică, materialelor de construcții, alimentară, agricultură, tehnologia nucleară, controlul poluării etc. Lucrarea se adresează în principal inginerilor și tehnicienilor care proiectează și exploatează aparate și instalații termotehnice cu agenți „solid-gaz", dar poate fi utilă și cercetătorilor, doctoranzilor, cadrelor didactice și studenților de la institutele tehnice, care se preocupă de avantajele sistemelor „solid-gaz" în creșterea eficienței proceselor termice industriale.

(Din catalogul „Cărți în curs de apariție", Centrala editorială, București, nr. 3/1982)

PFEIFFER, W. Tehnica impulsului (traducere din limba germană— R.F.G.), Editura tehnică, București, 1982, 256 p.

Importante progrese în tehnologie au fost și sînt posibile datorită elucidării problemelor aflate la granița dintre două domenii. Astfel de probleme de graniță sînt prezentate în cartea lui W. Pfeiffer, intitulată „Tehnica impulsului", care se situează între tehnica curenților slabi și tehnica curenților intenși. Comune celor două domenii sînt mărimile electrice — tensiuni și curenți — cu variații rapide în timp. Intervalul de timp al variației mărimilor este de cîteva nanosecunde sau chiar fracțiuni de nanosecunde.
Autorul urmărește ,pe de o parte, generarea de asemenea semnale, iar pe de altă parte să înregistreze, să măsoare, cît mai fidel, asemenea semnale. În acest scop utilizează tehnici avansate din electronică și echipamente de măsurat de nivel superior. În alegerea și susținerea numeroaselor soluții (unele schematizate, iar altele de construcție), autorul folosește cunoștințe din domenii conexe, ca de exemplu din electronica impulsurilor, din fenomenologia propagării pe linii lungi, din oscilografia modernă.
Cartea se adresează cercetătorilor din institutele departamentale, laboratoare uzinale, institute de învățămînt superior și inginerilor de exploatare care au contingență cu aparatura modernă de măsurare a mărimilor cu variații rapide în timp.

(Din catalogul „Cărți în curs de apariție" Centrala editorială, București, nr. 3/1983)

Din sumarul revistelor*

Piperski D. *Răcirea marilor turbogeneratoare* (Hladenje velikih turbogeneratora). Elektrotehnica, nr. 1, 1982.

Mlinarevicz, Z. *Criteriul întreruperii parțiale a continuității în alimentare în calculul fiabilității sistemelor electroenergetice* (Kriterij djelimičnog prekida kontinuiteta napajanja u proračunu pouzdanosti elecktroenergetskih sistema). Elektrotehnika, nr. 2, 1982.

Gacanovic, R. ș.a. *Calculul rezistenței de impuls la conductoarele mari de punere la pământ* (Proračun impulsnog otpora dugih uzemljivača). Elektrotehnika, nr. 3, 1982.

Jabinsky, I. *Posibilități de determinarea creșterii eficienței economice a cazanelor* (Vizmojnosti za povișavane ikonomiceskata efektivnost na vodogreinite kotli). Energhetika, nr. 4, 1982.

Hristov, G. ș.a. *Examinarea posibilităților arzătoarelor de cărbune Donbass de grad TK ale generatoarelor de abur tip T P-47* (Izsledvane na vizmojnostite za izgariane na donetki viglișa marka TK v parogenerator TP-47). Energhetika, nr. 4, 1982.

Mihailova, S. *Probleme privitoare la introducerea liniilor electrice de 750 kV în cadrul sistemului energetic bulgar* (Otnosno niakoi problemi pri vivejdane na svrihvisoko naprejenie 750 kV v nașata elektroenerghiina sistema). Energhetika, nr. 4, 1982.

Apostolov, A. și Halacev, A. *Aplicarea microprocesoarelor în protecția releelor și automatizarea sistemului* (Vizmojnosti za izpolzuvane na microprotesorni sistemi v releinata zașcita i sistemnata avtomatika). Energhetika, nr. 4, 1982.

Schmitter, W. *Folosirea căldurii reziduale cu ajutorul pompelor de căldură cu compresie acționate electric.* (Abwärmenutzung mit elektrisch betriebenen Kompressionwärmepumpen). Elektrowärme international, nr. 2, 1982.

Paul, H.—U. *Tensiunea indusă pe termen lung. Calcul și măsură* (Langzeitbeeinflussung — Ihre Berechnung und Messung). ÖZE, nr. 5, 1982.

*) Rubrică întocmită de O.I.D.E.

Muckenhuber, R. *Optimizarea măsurilor de protecție în cazul introducerii unor circuite de telecomunicație în zona de influență a liniilor de înaltă tensiune* (Optimierung der Schutzmassnahmen bei Einführung von Fernmeldeleitungen in den Bereich von Hochspannungsanlagen), ÖZE, nr. 5, 1982.

Bethge, W. *Alegerea și dimensionarea măsurilor de protecție contra tensiunilor induse în circuitele de telecomunicație și instalațiile de semnalizare „trecere liberă" a căilor ferate germane* (Auswahl und Dimensionierung von Schutzmassnahmen gegen Beeinflussung von Nachrichtenleitung sowie schienengebundenen Gleisfreimeldanlagen der Deutschen Bundesbahn), ÖZE, nr. 5, 1982.

Granelli, G.P. și Silvestri, A. *Modele și metode pentru analiza dinamică a rețelelor de energie electrică* (Modelli e metodi per 10 studio del comportamento dinamico delle reti elettriche di potenza). L'energia elettrica, nr. 5, 1982.

Arpaia, M. și Trisciuoglio, G. *Încercări de caracterizare a betonului drept conductor electrolitic* (Rilievi sperimentali per la caratterizzazione del calcestruzzo come conduttore elettrolitico). L'energia elettrica, nr. 5, 1982.

Malboyssone, Correcher, E. *Leziuni interne datorate efectului Joule produse prin electrizare* (Lésions internes dues à l'Effet Joule produites par l'electrisation). Bulletin AISS, nr. 9, 1982.

Schaeffer, H. *Considerații asupra leziunilor ivite ca urmare a unor arsuri grave datorate accidentelor electrice* (Remarques sur des lésion par suite de brûlures graves dues aux accidents électriques). Bulletin AISS, nr. 9, 1982.

Kieback, D. *Cauzele și circumstanțele unor accidente electrice cu ocazia unor lucrări în instalațiile de joasă tensiune sub tensiune.* Consecințe pentru prevenirea accidentelor de lucru (Causes et circonstances des accidents d'origine électrique lors des travaux sur des installations B.T. sous tensions — Conséquences pour la prévention des accidents du travail). Bulletin AISS, nr. 9, 1982.

ANNOUNCEMENTS FOR READERS ABROAD

- The review „Energetica" can send on request from publications abroad reports translated in one of the worldwide spoken languages.
- The review „Energetica" proposes a publication exchange with similar reviews and in relating fields.
- The review „Energetica" provides and publishes or introduces books on energy received at the editorial office. Reviews and presentations of books sent on this purpose to the editorial office can be published as well.
- The review „Energetica" publishes on request from authors abroad reports on energy or other materials: technical and scientific news, inventions-innovations, information about technical and scientific symposia etc. written in one of the worldwide spoken languages.

Abonaţi-vă la
Revista ENERGETICA!

Citind cu regularitate revista ENERGETICA veţi fi bine informaţi, în principal asupra activităţii din domeniul energetic din ţara noastră precum şi din alte ţări.

Revista ENERGETICA vă informează asupra problemelor de: energetică generală, energetică industrială, economie de energie, reducere a consumurilor specifice de combustibil şi de energie electrică în centralele electrice, reducere şi eliminare a consumului de hidrocarburi, reducere a consumurilor tehnologice în reţelele electrice, creştere a siguranţei în funcţionarea sistemului energetic şi a elementelor acestuia, extindere şi creştere a eficienţei termoficării, creştere a productivităţii muncii, valorificare a resurselor hidraulice, protecţie a mediului înconjurător şi a instalaţiilor energetice, surse noi, reînnoibile şi de noi tehnologii în energetică.

Revista ENERGETICA urmăreşte, de asemenea, informarea specialiştilor din domeniul energetic asupra: problemelor rezultate din documentele de partid şi de stat, noutăţilor tehnice din ţară şi din străinătate, realizărilor deosebite din sectorul energetic şi în principal a celor care pot fi extinse sau generalizate etc.

*

Totodată, colaborînd la revista ENERGETICA participaţi la schimbul de idei şi de experienţă, contribuind nemijlocit la progresul tehnic al energeticii româneşti.

CERERE DE ABONAMENT LA REVISTA ENERGETICA

Întreprinderea . . . . . .

Subsemnatul . . . . . .

din localitatea . . . . . .str. . . . . .nr. . . . .bl. . .

sc . . . . et . . . . ap. . . . . sect. . . . . cod poştal . . . . . .telefon . . .

. . . . . judeţul . . . . . solicit . . . . . .abonament(e)

care va (vor) fi expediat(e) la adresa de mai sus.

C/v abonamentelor (lei 144 un abonament) de lei . . . . . am achitat-o în contul ICEMENERG 30.11.8.01.01. BN RSR fil. sect. 3, Bucureşti, cod 74568 prin m.p.nr.. . . . din . . . . . sau la casieria ICEMENERG REDACŢIEI cu chitanţa . . . . . nr. . . . . din . . . . . .

Data . . . . . .

Semnătura

. . . . . .

CIRE-URTAE-ROMAN

UZINA DE REPARAT TRANSFORMATOARE SI APARATAJ ELECTRIC - ROMAN

Execută :

- Remorci vestiar şi sală de mese tip RBVM-1, căsuţă transcontainer-vestiar şi sală de mese tip CTVM-1, destinate preparării şi servicii mese-lor calde pentru personalul muncitor, care lucrează temporar în locuri şi pe trasee izolate de aşezările omeneşti.

Remorci pentru organizarea de şantier tip RBOS-1 şi căsuţe transcontainer pentru organizare de şantier tip CTOS-1, concepute ca sediu mobil înzestrat cu confort pentru desfăşurarea activităţilor de birou cît şi pentru odihna personalului de conducere a punctului de lucru, în cazul unor lucrări în locuri şi pe trasee izolate.

x

x x

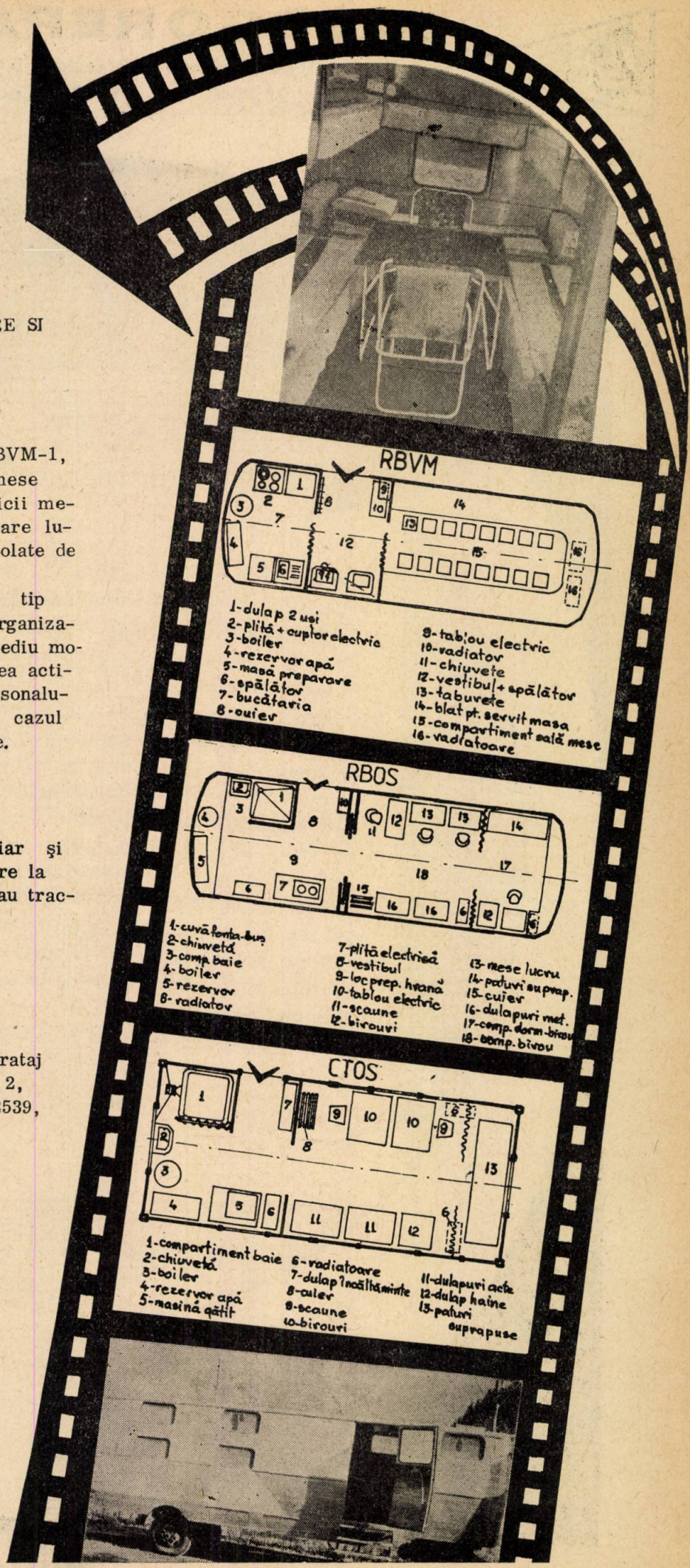
Remorcile şi căsuţele transcontainer vestiar şi sală de mese sînt deplasabile prin cuplare la cîrligul de tracţiune al autocamioanelor sau tractoarelor universale.

x

x x

Comenzile se trimit pe adresa :

Uzina de Reparat Transformatoare şi Aparataj Electric - Roman, str. Uzinei de Ţevi, nr. 2, cod 5550, jud. Neamţ, Telex 21244, tel. 12539, 12350, 13935



ENERGOREPARAŢII

B-dul Mărăşeşti nr. 2, sectorul 5, Bucureşti.
Telefon: 23.26.40. Telex: 011635. – Cod poştal 774170.

EXECUTĂ

piese de schimb şi recondiţionări pentru :

- turbine cu abur, turbine cu gaze, turbopompe, electropompe, armături de înaltă presiune pentru comanda şi reglarea aburului;
- turbine hidraulice;
- generatoare şi motoare electrice;
- cazane de abur şi schimbătoare de căldură;
- compresoare cu piston şi turbocompresoare;
- instalaţii pentru transportarea, depozitarea şi prepararea combustibilului solid;
- instalaţii pentru evacuarea cenuşii;
- ventilatoare de aer şi gaze.

Intreprinderea ENERGOREPARATII acordă asistenţă tehnică şi execută : echilibrări statice sau dinamice, măsurători de vibraţii, analize metalografice, încercări mecanice la temperaturi ridicate sau scăzute, dispozitive pentru mecanizarea lucrărilor de reparaţii în centralele electrice.

Din sumarul revistelor*

Piperski D. *Răcirea marilor turbogeneratoare* (Hladenje velikih turbogeneratora). Elektrotehnica, nr. 1, 1982.

Mlinarevicz, Z. *Criteriul întreruperii parțiale a continuității în alimentare în calculul fiabilității sistemelor electroenergetice* (Kriterij djelimičnog prekida kontinuiteta napajanja u proračunu pouzdanosti elecktroenergetskih sistema). Elektrotehnika, nr. 2, 1982.

Gacanovic, R. ș.a. *Calculul rezistenței de impuls la conductoarele mari de punere la pămînt* (Proračun impulsnog otpora dugih uzemljivača). Elektrotehnika, nr. 3, 1982.

Jabinsky, I. *Posibilități de determinarea creșterii eficienței economice a cazanelor* (Vizmojnosti za povișavane ikonomiceskata efektivnost na vodogreinite kotli). Energhetika, nr. 4, 1982.

Hristov, G. ș.a. *Examinarea posibilităților arzătoarelor de cărbune Donbass de grad TK ale generatoarelor de abur tip T P-47* (Izsledvane na vîzmojnostite za izgariane na donețki vîglișa marka TK v parogheneratoр TP-47). Energhetika, nr. 4, 1982.

Mihailova, S. *Probleme privitoare la introducerea liniilor electrice de 750 kV în cadrul sistemului energetic bulgar* (Otnosno niakoi problemi pri vivejdane na svrîhvisoko naprejenie 750 kV v nașata elektroenerghiina sistema). Energhetika, nr. 4, 1982.

Apostolov, A. și Halacev, A. *Aplicarea microprocesoarelor în protecția releelor și automatizarea sistemului* (Vîzmojnosti za izpolzuvane na microproțesorni sistemi v releinata zașcita i sistemnata avtomatika). Energhetika, nr. 4, 1982.

Schmitter, W. *Folosirea căldurii reziduale cu ajutorul pompelor de căldură cu compresie acționate electric.* (Abwärmenutzung mit elektrisch betriebenen Kompressionwärmepumpen). Elektrowärme international, nr. 2, 1982.

Paul, H.—U. *Tensiunea indusă pe termen lung. Calcul și măsură* (Langzeitbeeinflussung — Ihre Berechnung und Messung). ÖZE, nr. 5, 1982.

*) Rubrică întocmită de O.I.D.E.

Muckenhuber, R. *Optimizarea măsurilor de protecție în cazul introducerii unor circuite de telecomunicație în zona de influență a liniilor de înaltă tensiune* (Optimierung der Schutzmassnahmen bei Einführung von Fernmeldeleitungen in den Bereich von Hochspannungsanlagen), ÖZE, nr. 5, 1982.

Bethge, W. *Alegerea și dimensionarea măsurilor de protecție contra tensiunilor induse în circuitele de telecomunicație și instalațiile de semnalizare „trecere liberă" a căilor ferate germane* (Auswahl und Dimensionierung von Schutzmassnahmen gegen Beeinflussung von Nachrichtenleitung sowie schienengebundenen Gleisfreimeldanlagen der Deutschen Bundesbahn), ÖZE, nr. 5, 1982.

Granelli, G.P. și Silvestri, A. *Modele și metode pentru analiza dinamică a rețelelor de energie electrică* (Modelli e metodi per 10 studio del comportamento dinamico delle reti elettriche di potenza). L'energia elettrica, nr. 5, 1982.

Arpaia, M. și Trisciuoglio, G. *Încercări de caracterizare a betonului drept conductor electrolitic* (Rilievi sperimentali per la caratterizzazione del calcestruzzo come conduttore elettrolitico). L'energia elettrica, nr. 5, 1982.

Malboyssone, Correcher, E. *Leziuni interne datorate efectului Joule produse prin electrizare* (Lésions internes dues à l'Effet Joule produites par l'electrisation). Bulletin AISS, nr. 9, 1982.

Schaeffer, H. *Considerații asupra leziunilor ivite ca urmare a unor arsuri grave datorate accidentelor electrice* (Remarques sur des lésion par suite de brûlures graves dues aux accidents électriques). Bulletin AISS, nr. 9, 1982.

Kieback, D. *Cauzele și circumstanțele unor accidente electrice cu ocazia unor lucrări în instalațiile de joasă tensiune sub tensiune.* Consecințe pentru prevenirea accidentelor de lucru (Causes et circonstances des accidents d'origine électrique lors des travaux sur des installations B.T. sous tensions — Conséquences pour la prévention des accidents du travail). Bulletin AISS, nr. 9, 1982.

ANNOUNCEMENTS FOR READERS ABROAD

- The review „Energetica" can send on request from publications abroad reports translated in one of the worldwide spoken languages.
- The review „Energetica" proposes a publication exchange with similar reviews and in relating fields.
- The review „Energetica" provides and publishes or introduces books on energy received at the editorial office. Reviews and presentations of books sent on this purpose to the editorial office can be published as well.
- The review „Energetica" publishes on request from authors abroad reports on energy or other materials: technical and scientific news, inventions-innovations, information about technical and scientific symposia etc. written in one of the worldwide spoken languages.

Abonaţi-vă la
Revista ENERGETICA!

Citind cu regularitate revista ENERGETICA veţi fi bine informaţi, în principal asupra activităţii din domeniul energetic din ţara noastră precum şi din alte ţări.

Revista ENERGETICA vă informează asupra problemelor de: energetică generală, energetică industrială, economie de energie, reducere a consumurilor specifice de combustibil şi de energie electrică în centralele electrice, reducere şi eliminare a consumului de hidrocarburi, reducere a consumurilor tehnologice în reţelele electrice, creştere a siguranţei în funcţionarea sistemului energetic şi a elementelor acestuia, extindere şi creştere a eficienţei termoficării, creştere a productivităţii muncii, valorificare a resurselor hidraulice, protecţie a mediului înconjurător şi a instalaţiilor energetice, surse noi, reînnoibile şi de noi tehnologii în energetică.

Revista ENERGETICA urmăreşte, de asemenea, informarea specialiştilor din domeniul energetic asupra: problemelor rezultate din documentele de partid şi de stat, noutăţilor tehnice din ţară şi din străinătate, realizărilor deosebite din sectorul energetic şi în principal a celor care pot fi extinse sau generalizate etc.

*

Totodată, colaborînd la revista ENERGETICA participaţi la schimbul de idei şi de experienţă, contribuind nemijlocit la progresul tehnic al energeticii româneşti.

CERERE DE ABONAMENT LA REVISTA ENERGETICA

Întreprinderea . . . . . .

Subsemnatul . . . . . .

din localitatea . . . . . .str. . . . . .nr. . . . .bl. . .

sc . . . . et . . . . ap. . . . . sect. . . . . cod poştal . . . . . .telefon . . .

. . . . . judeţul . . . . . solicit . . . . . .abonament(e)

care va (vor) fi expediat(e) la adresa de mai sus.

C/v abonamentelor (lei 144 un abonament) de lei . . . . . am achitat-o în contul ICEMENERG 30.11.8.01.01. BN RSR fil. sect. 3, Bucureşti, cod 74568 prin m.p.nr.. . . . din . . . . . sau la casieria ICEMENERG REDACŢIEI cu chitanţa . . . . . nr. . . . . din . . . . . .

Data . . . . . .

Semnătura

. . . . . .

CIRE-URTAE-ROMAN

UZINA DE REPARAT TRANSFORMATOARE SI APARATAJ ELECTRIC - ROMAN

Execută :

- Remorci vestiar şi sală de mese tip RBVM-1, căsuţă transcontainer-vestiar şi sală de mese tip CTVM-1, destinate preparării şi servicii mese-lor calde pentru personalul muncitor, care lucrează temporar în locuri şi pe trasee izolate de aşezările omeneşti.
- Remorci pentru organizarea de şantier tip RBOS-1 şi căsuţe transcontainer pentru organizare de şantier tip CTOS-1, concepute ca sediu mobil înzestrat cu confort pentru desfăşurarea activităţilor de birou cît şi pentru odihna personalului de conducere a punctului de lucru, în cazul unor lucrări în locuri şi pe trasee izolate.

x

x x

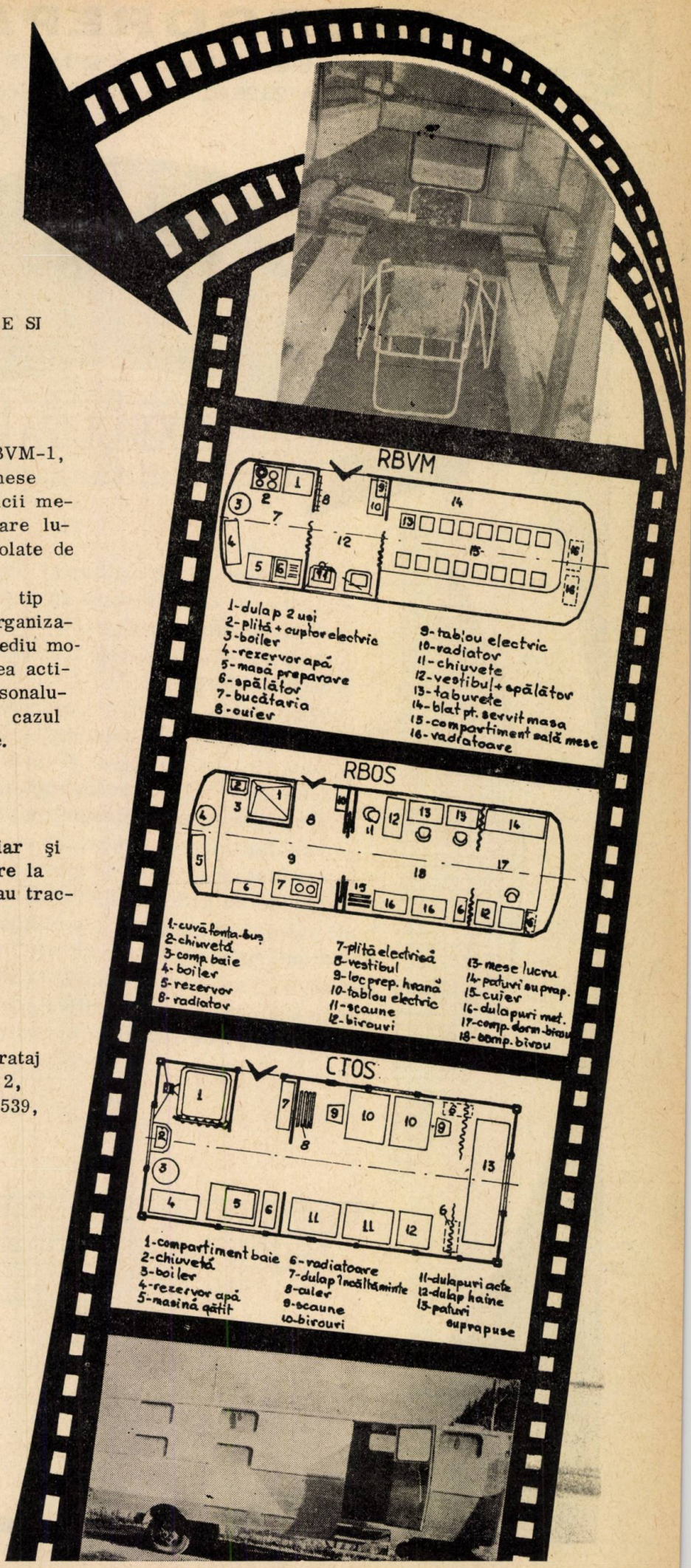
Remorcile şi căsuţele transcontainer vestiar şi sală de mese sînt deplasabile prin cuplare la cîrligul de tracţiune al autocamioanelor sau tractoarelor universale.

x

x x

Comenzile se trimit pe adresa :

Uzina de Reparat Transformatoare şi Aparataj Electric - Roman, str. Uzinei de Ţevi, nr. 2, cod 5550, jud. Neamţ, Telex 21244, tel. 12539, 12350, 13935



ENERGOREPARAŢII

B-dul Mărăşeşti nr. 2, sectorul 5, Bucureşti.
Telefon: 23.26.40. Telex: 011635. – Cod poştal 774170.

EXECUTA

piese de schimb şi recondiţionări pentru :

- turbine cu abur, turbine cu gaze, turbopompe, electropompe, armături de înaltă presiune pentru comanda şi reglarea aburului;
- turbine hidraulice;
- generatoare şi motoare electrice;
- cazane de abur şi schimbătoare de căldură;
- compresoare cu piston şi turbocompresoare;
- instalaţii pentru transportarea, depozitarea şi prepararea combustibilului solid;
- instalaţii pentru evacuarea cenuşii;
- ventilatoare de aer şi gaze.

Intreprinderea ENERGOREPARATII acordă asistenţă tehnică şi execută : echilibrări statice sau dinamice, măsurători de vibraţii, analize metalografice, încercări mecanice la temperaturi ridicate sau scăzute, dispozitive pentru mecanizarea lucrărilor de reparaţii în centralele electrice.

ICEMENERG

INSTITUTUL DE CERCETĂRI
ŞI MODERNIZĂRI ENERGETICE
BUCUREŞTI Sect. III ● B-dul ENERGETICIENILOR, 8 ● Tel. 21.46.30

SECTIA DE CERCETARI DE CHIMIE IN ENERGETICA

REALIZEAZA

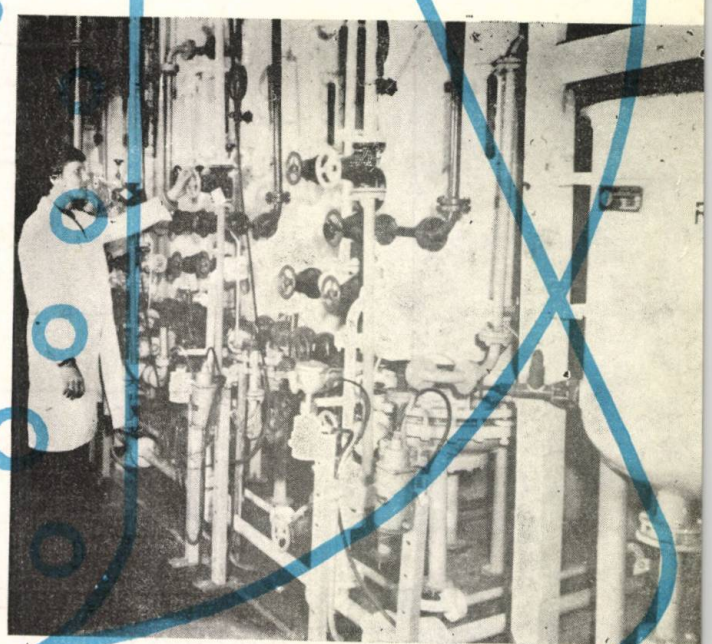
- Studii, cercetări, măsurători şi analize în domeniul combustibililor solizi, uleiurilor de turbină şi electroizolante, protecţiilor anticorosive, tratării apelor, protecţiei mediului, asimilării de produse ş. a.

PRODUCE

- Bile de cauciuc spongios pentru curăţirea ţevilor condensatoarelor de turbină
- Garnituri şi alte confecţii de cauciuc necesare ca piese de schimb în centralele electrice
- Pastă de etanşare pentru turbogeneratoare
- Vopsea antiincendiară pentru protecţia cablurilor electrice

OFERA

- Tehnologii proprii şi asistenţă tehnică în domeniul chimiei în energetică

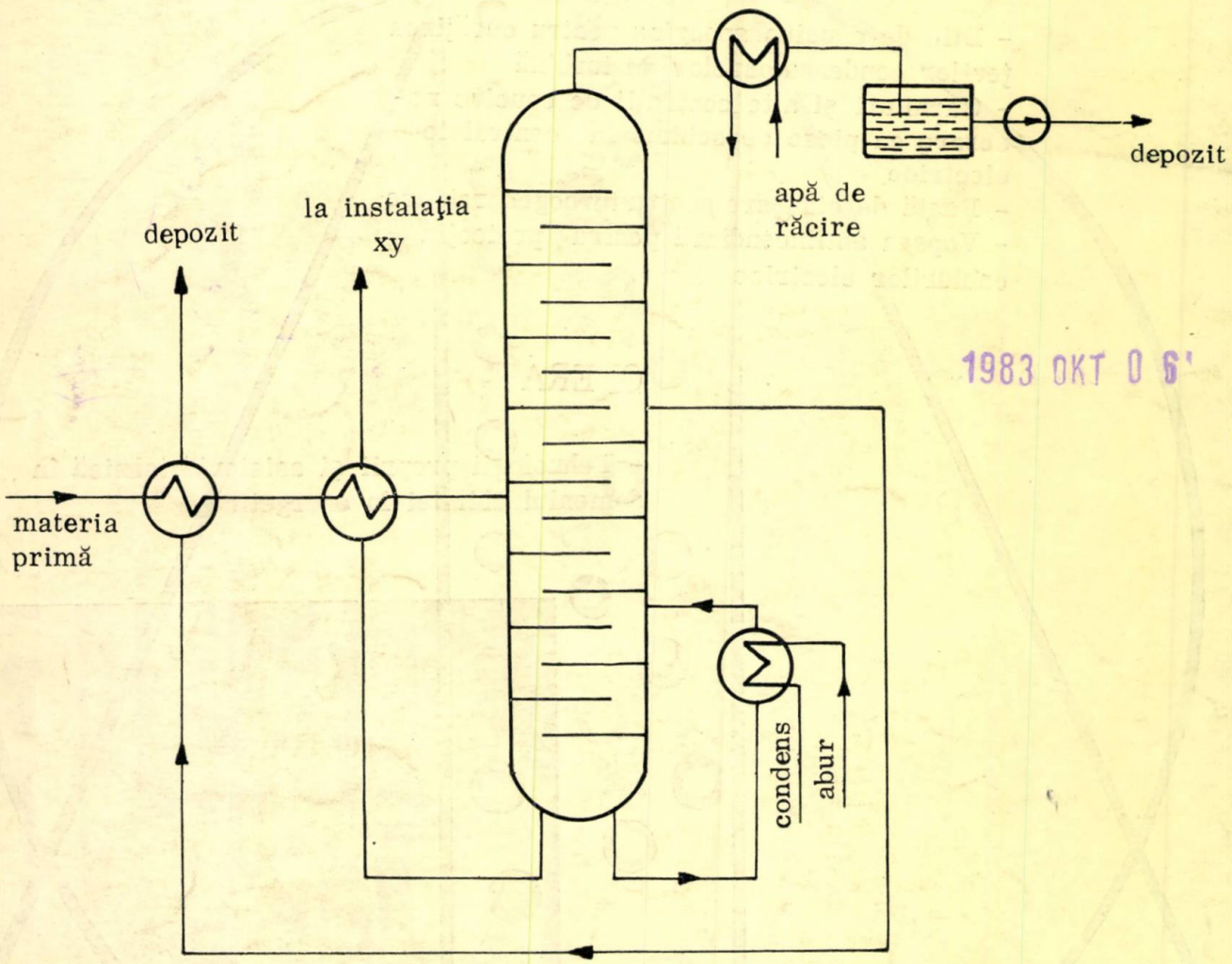


ICEMENERG

INSTITUTUL DE CERCETĂRI
ŞI MODERNIZĂRI ENERGETICE
BUCUREŞTI Sect. III ● B-dul ENERGETICIENILOR, 8 ● Tel. 21.46.30

ICEMENERG prin Laboratorul de Sisteme Electroenergetice realizează, la un înalt nivel calitativ, cercetări privitoare la :

1. Eficienţa energetică a proceselor tehnologice şi elaborarea de măsuri pentru sporirea acesteia (bilanţuri energetice).
2. Consumuri specifice de energie electrică şi de căldură în industrie.
3. Realizarea de consumatori tampon în vederea aplatizării curbei de sarcină.
4. Stabilirea gradului de siguranţă al receptoarelor.
5. Stabilirea puterilor minime tehnologice necesare desfăşurării proceselor, ca şi a puterilor minime de avarie.
6. Contribuţia centralelor electrice ale consumatorilor autoproducători la acoperirea vîrfului de sarcină al sistemului energetic naţional.



1983 OKT 0 6

CEA MAI SIGURA SURSA DE ENERGIE ESTE ECONOMISIREA EI !

VALORIFICATI INTEGRAL RESURSELE ENERGETICE ANGRENATE IN PROCESUL TEHNOLOGIC !

E 2039

MW

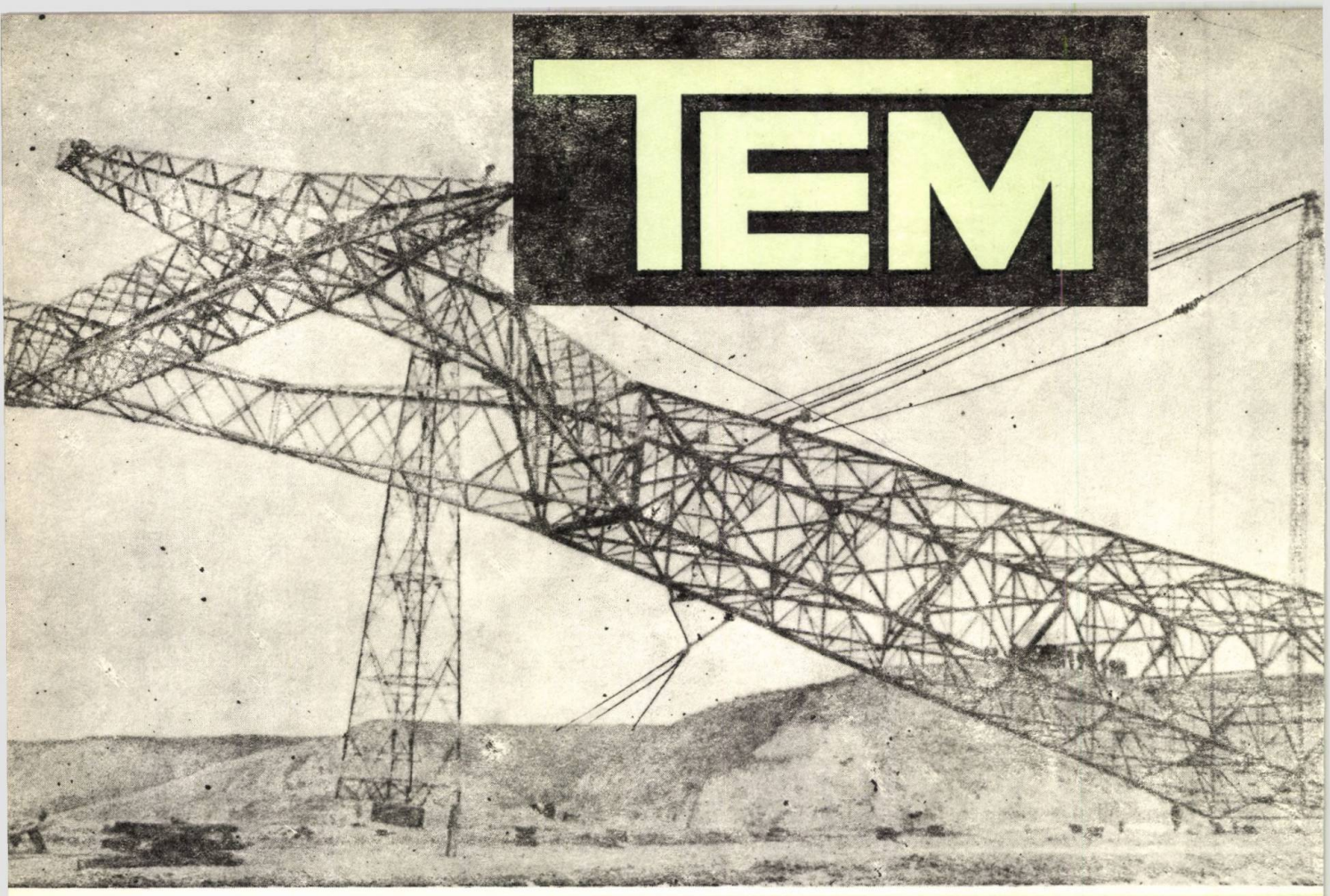
2

REFERÁLVA

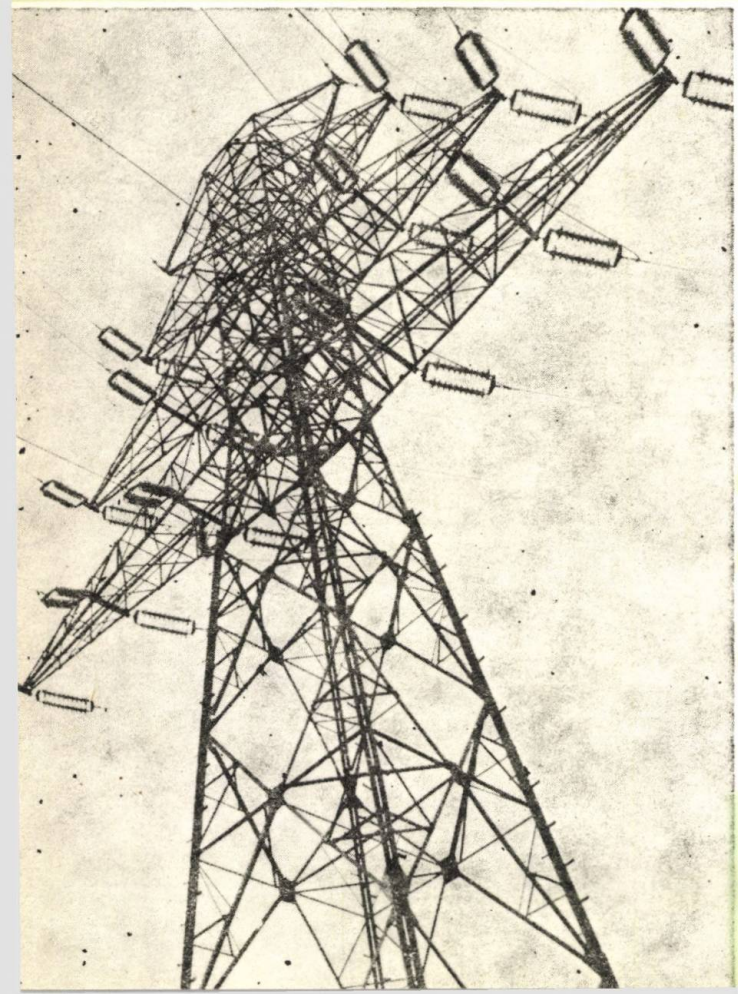
VOLUMUL XXXI
BUCUREŞTI
FEBRUARIE 1983

energetica

C 6 12 18 24



La executarea instalaţiilor electrice, Trustul ELECTROMONTAJ foloseşte procedee tehnologice moderne de mare productivitate, care conduc la durate scurte de execuţie şi la un înalt nivel calitativ al lucrărilor



EXECUTA PRIN UNITATILE SALE DE CONSTRUCTII, IN TARA SI PESTE HOTARE :

- Linii electrice de foarte înaltă tensiune, 220 - 400 kV;
- Linii electrice de înaltă şi medie tensiune, 6 - 110 kV;
- Lucrări de joasă tensiune : iluminat stadioane, autostrăzi, aeroporturi;
- Linii electrice în cabluri subterane şi subfluviale de la 1 la 220 kV;
- Staţii electrice de transformare şi conexiuni de 1 - 400 kV;
- Posturi de transformare şi puncte de alimentare de orice tensiune şi putere.

TRUSTUL ELECTROMONTAJ BUCURESTI
Calea Moşilor nr. 158, telefon 16.63.30

ENERGETICA

ORGAN AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ŞI AL CONSILIULUI NAŢIONAL AL INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN REPUBLICA SOCIALISTĂ ROMÂNIA

SUB ÎNDRUMAREA CONSILIULUI ŞTIINŢIFIC AL INSTITUTULUI CENTRAL DE CERCETĂRI ENERGETICE

ANUL 31 **2** FEBRUARIE 1983

COLEGIUL DE REDACŢIE

Dr. ing. **Gh. Bălan** (redactor responsabil adjunct)
Ing. **P. Cartianu**
Ing. **M. M.Dăncilă**
Ing. **H. Furtunescu**
Ing. **N. Georgian**
Dr. ing. **Gh. Luca**
Dr. chim. **Maria Maftei**
Dr. ing. **G. Manolescu**
Ing. **B. Marcu**
Dr. ing. **A. Măeriş**
Ing. **I. Măiereanu** (redactor responsabil adjunct)
Dr. ing. **Călin Mihăileanu** (redactor responsabil)
Prof. dc. doc. **V. I. Nitu**
Dr. ing. **E. Pavel**
Dr. ing. **T. Popa**
Dr. ing. **C. I. Staicu** (secretar redacţie)

Revista „Energetica" este publicaţie lunară devotată preocupărilor spirituale şi realizărilor materiale în domeniu energeticii.

Redacţia şi administraţia:
Bucureşti 74 568, Bd. Energeticienilor, nr. 8, sector 3.
Telefon: 20 67 30 21 46 30

Cuprinsul

Pag.

ARTICOLE

M. Pomârleanu şi L. Bejuscu: **Elemente de calcul pentru reglajul protecţiei contra mersului în asincron al generatoarelor** (cu prezentare în limba engleză) 57—64

H. Cristea: **Modele matematice adoptate în calculul stabilităţii SEN pentru regulatoarele de viteză mecanohidraulice la turbine** 65—67

L. Canciu, N. Oprişiu şi V. Dobre: **Calcule de pornire şi autopornire în reţeaua serviciilor interne ale centralelor termoelectrice** 68—71

V. Neaţu şi L. Gherghel: **Metodă de stabilire a preciziei de prelevare a probelor de cărbune cu prelevatoarele automate amplasate pe benzile de transportoare în scopul determinării unor caracteristici energetice reale** 71—75

DIN EXPERIENTA DE EXPLOATARE

R. Sfichi, Ol. Reziuc, S. Blumenfeld şi D. Moruz: **Asupra posibilităţilor de reducere a consumurilor energetice şi de valorificare superioară a resurselor energetice secundare din sectoarele de exploatare şi industrializare a lemnului, cu referire la IFET Suceava** 75—80

INVENŢII—INOVAŢII 80—84

DE LA COMITETUL NAŢIONAL ROMAN AL CONFERINŢEI MONDIALE A ENERGIEI

Reuniunea Consiliului Executiv Internaţional al Conferinţei mondiale a energiei, Sevilla, 1982 84—85

CRONICA

Conferinţa Naţională de electrotehnică — CNEE'82 85—92

A V-a Consfătuire de lucru: „Influenţe reciproce între instalaţiile energetice şi mediul înconjurător" 92—94

A V-a sesiune de comunicări tehnico-ştiinţifice „Producerea, transportul, distribuţia şi utilizarea raţională a energiei IRE—Suceava 94—99

DIN SUMARUL REVISTELOR 100

SONDAJUL DE OPINIE REFERITOR LA REVISTA ENERGETICA 101

Revista „Energetica" este editată cu concursul permanent dat de:

chim. **Eleonora Ataman**
dr. ing. **J. Constantineseu**
ec. **Ana Dobre**
ing. **T. Dragomir**
ing. **Angela Perea**
dr. ing. **M. Pomârleanu**
dr. ing. **Gh. Pop**
ing. **A. Roşu**
ing. **V. Rugină**
ing. **I. Tureu**

În revista „Energetica" se publică

Articole

Informaţii referitoare la: publicaţii recente (cărţi, reviste), noutăţi ştiinţifice şi tehnice, invenţii şi inovaţii, experienţă de exploatare, realizări remarcabile, manifestări tehnico-ştiinţifice naţionale şi internaţionale (congrese, conferinţe, simpozioane), titluri de articole de specialitate din alte reviste.

Materiale diverse: cronici, recenzii, discuţii la articole publicate, puncte de vedere ale autorilor, concluziile discuţiilor în jurul meselor rotunde.

Revista „Energetica" este editată şi administrată de Institutul de cercetări şi modernizări energetice — ICEMENERG.

M. David — şeful Oficiului de informare documentară pentru energetică

Instituţiile pot achita abonamentele în contul de virament nr. 30.11.8.01.01 — BN R.S.R. Fil. Sector 3. Costul unui abonament: 144 lei anual; costul unui exemplar: 12 lei.

Cititorii din străinătate se pot abona la: ILEXIM. Departamentul Export-Import Presă, P.O. Box 136—137, telex: 11226. Bucureşti, str. 30 Decembrie nr. 3.

Tiparul: Întreprinderea poligrafică „Informaţia", Bucureşti, str. Brezoianu 23—25 c. 2523

Taxele poştale achitate conf. aprobării D.G.P. Te. nr. 137/6463/1982

41401

ANNOUNCEMENTS FOR READERS ABROAD

- **The review „Energetica" can send on request from publications abroad reports translated in one of the worldwide spoken languages.**
- **The review „Energetica" proposes a publication exchange with similar reviews and in relating fields.**
- **The review „Energetica" provides and publishes or introduces books on energy received at the editorial office. Reviews and presentation of books sent on this purpose to the editorial office can be published as well.**
- **The review „Energetica" publishes on request from authors abroad reports on energy or other materials: technical and scientific news, inventions-innovations, information about technical and scientific symposia, etc. written in one of the worldwide spoken languages.**

СОДЕРЖАНИЕ

М. Помырляну и Л. Бежуску: **Элементы расчёта для регулировки защиты против асинхронного хода генераторов** (с изложением на английском) 57—64

Х. Кристя: **Используемые в расчёте устойчивости Национальной Энергетической Системы математические модели для механогидравлических регуляторов скорости турбин** 65—67

Л. Канчу, Н. Опришиу и В. Добре: **Расчёты, связанные с пуском и автопуском в сети использования энергии теплоэлектростанций для внутренних нужд** 68—71

В. Няцу и Л. Гергел: **Метод установления точности выбора образцов угля с помощью автоматических приспособлений, расположенных на транспортёрных лентах, с целью определения действительных энергетических характеристик** 71—75

ИЗ ЭКСПЛУАТАЦИОННОГО ОПЫТА 75—80

ИЗОБРЕТЕНИЯ 80—84

ОТ РУМЫНСКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО КОМИТЕТА МИРОВОЙ КОНФЕРЕНЦИИ ПО ВОПРОСАМ ЭНЕРГИИ 84—85

ХРОНИКА 85—99

ИЗ СОДЕРЖАНИЯ ЖУРНАЛОВ 100

АНКЕТА ПО ВОПРОСАМ ЖУРНАЛА „ЭНЕРГЕТИКА" 101

INHALTVERZEICHNIS

Pomârleanu, M. und Bejuscu. L.: **Berechnungselemente für die Schutzregelung gegen dem Asynchronbetrieb der Generatoren** (mit einen Kommentar in Englisch) 57—64

Cristea, H.: **Mathematische Modelle für die Berechnung der Stabilität des Elektroenergiesystems für mechanisch-hydraulische Turbinen-Drehzahlregler** 65—67

Canciu, L., Oprişiu, N. und Dobre, V.: **Anfahr- und Selbstanfahrberechnungen für den Eigenbetrieb der Wärmekraftwerke** 68—71

Neaţu, V. und Gherghel, L.: **Eine Methode zur Bestimmung der Kohlenprobeentnahme mit automatischen, auf Förderbänder befestigten, Vorrichtungen für die Bestimmung reeller energetischer Charakteristiken** 71—75

AUS DER BETRIEBSERFAHRUNG 75—80

ERFINDUNGEN — ERNEUERUNGEN 80—84

VOM RUMÄNISCHEN NATIONALKOMMITEE DER WELTENERGIE KONFERENZ 84—85

CHRONIK 85—92

AUS DEM INHALTSVERZEICHNIS ANDERER ZEITSCHRIFTEN 100

MEINUNGEN DER LESER ÜBER DIE ZEITSCHRIFT „ENERGETICA" 101

SOMMAIRE

M. Pomârleanu et L. Bejuscu: **Eléments de calcul pour le réglage de la protection contre la marche asynchrone des générateurs** (présentation en anglais). 57—64

H. Cristea: **Modéles methématiques adoptós dans le calcul de la stabilité SEN des régulateurs də vitesse mécano-hydrauliques des turbines.** 65—67

L. Canciu. N. Oprişiu et V. Dobre: **Calculs pour le démarrage et l'autodémarrage dans le réseau des services internes des centrales termoéléctriques** 68—71

V. Neaţu et L. Gherghel: **Méthode d'établissement de la précision de prélèvement des échantillons de charbon à prélèvateurs automatiques emplacés sur les bandes transporteuses pour déterminer les caractéristiques énergétiques réelles.** 71—75

DE L'EXPERIENCE D'EXPLOITATION 75—80

INVENTIONS — INNOVATIONS 80—84

DU COMITE NATIONAL ROUMAIN DE LA CONFERENCE MONDIALE DE L'ENERGIE 84—85

CRONIQUE 85—99

LA REVUE DES REVUES 100

SONDAGE D'OPINIONS CONCERNANT LA REVUE „ENERGETICA" 101

SUMMARYES

DC 621.3.016.4 ; 621.317.37

Pomârleanu, M. and Bejuscu. L.: **Calculation Elements for the Generators Asynchronous Operation Protection Regulation**

The paper presents a series of simple procedures which permit a direct evaluation of the main characteristic elements of the impedance vector geometric place as seen from the generator terminals during its asynchronous operation as compared to the system.

Energetica 31 (1983), nr. 2, p. 57—64

DC 621.311.22/23 ; 621.165.001.57

Cristea, H.: **Mathematical Models Adopted in the National Power System Stability Calculation for Mechanical Hydraulic Speed Regulations for Turbines**

Based on the experimental data obtained in the load knocking over at thermal units, there have been determined the structure and parameteres of the mathematical model for the automatic speed regulation system (SRAV) for turbines equipped with mechanical hydraulic regulators.

As an example the SRAV models with structures and numerical values of the parameters obtained for the turbines type VT-100-1 and VPT-50-3 are presented.

Energetica 31 (1983), nr. 2, p. 65–67

DC 621.311.22/23; 621.3.015.1

Canciu, L., Oprişiu, and Dobre, V. : **Starting and Self-starting Calculations in the Internal Services Network of Thermal Power Plants**

The paper presents some more precise formulae as compared to the simplified ones found in literature, which help to determine the voltage dip on internal services terminals in case of the starting and self-starting of motors for the connected to the buses. Imposing the voltage dip on the buses the necessar shortcircuit power can be also determined. Finally, a comparison between the theoretical calculation and an experimental determination is presented.

Energetica 31 (1983), nr. 2, p. 68–71

DC 662.64/66

Neaţu, V., Gherghel, L. : **A Coal Sampling Precision Detection Method by Automatic Sampling Devices Placed on Conveyor Belts for Outlining Real Energetic Characteristics**

The paper presents the automatic sampling method of coal directly from conveyor belts. The sampling precision has been determined by a statistical mathematic calculation using liberty ranges characteristic for this calculation manner according to American standards.

Energetica 31 (1983), nr. 2, p. 71–75

FROM THE OPERATION EXPERIENCE 75–80

INVENTIONS — INNOVATIONS 80–84

FROM THE NATIONAL ROMANIAN COMMITTEE OF THE WORLD ENERGY CONFERENCE 84–85

CHRONICS 85–92

FROM THE CONTENTS OF OTHER REVIEWS 100

READERS OPINION ABOUT THE REVIEW „ENERGETICA" 101

Computatisual Elements for the Generators Asynchronous Operation Protection Setting

(Condensed from the paper in Romanian)

M. Pomârleanu, D.Sc., L. Bejuscu, Eng.

Since the asynchronous operation of generators units interferes with the secure and economic operation of an electric power system some automatic devices have been built for a rapid and safe apprehension of such situations.

Among the well-known ways, the most secure one for the identification of the asynchronous operation of a unit to the system is the determination of the impedance as seen from the unit terminals.

The impedance vectors move on different characteristics as the generator operates synchronously or asynchronously (Fig. 1), so that a series of simple procedures has been set up as well which help to directly evaluate the main characteristic elements of the geometric place of the vector during the asynchronous operation of the unit as compared to the system. The equivalent calculation diagram having the shape of that from Fig. 2 enables the writing of an impedance expression seen from the generator terminals as

$$\underline{Z}_v = \frac{\underline{U}_G}{\underline{I}_G} = \frac{\underline{E}'_G}{\underline{I}_G} - \underline{Z}'_G \qquad (1)$$

which becomes after processing

$$\underline{Z}_v = \underline{Z}'_{tot}\,\underline{F} - \underline{Z}'_G, \qquad (7)$$

where : $\underline{Z}'_{tot} = \dfrac{\underline{Z}_p\,\underline{Z}_{tot}}{\underline{Z}_p + \underline{Z}_{tot}}$

The hodograph of the vector $\underline{F}$ is a circle having a radius

$$R = \frac{K}{1 - K^2} \qquad (14)$$

its centre being on axis x at a distance

$$x_0 = \frac{1}{1 - K^2} \qquad (15)$$

from the origin and intersecting the axis x in the points

$$x_0 - R = \frac{1}{1 \pm K} \qquad (16)$$

In order to obtain the hodograph of vector $\underline{Z}_v$, the vector $\underline{F}$ is multiplied by the constant phasor $\underline{Z}'_{tot}$, so that the image of $\underline{Z}_v$ is the one from Fig. 3. All elements of their hodograph are determined and their knowledge enables the outlining of the asynchronous operation characteristics.

A relay which could clearly limit a narrow area around the imaginary axis as compared to which the separation of the characteristic areas of the asynchronous and synchronous operation should be performed would constitute the basic element of a protection for signalizing the asynchronous operation of a unit. A relay with a lense characteristic (as that from Fig. 1) responds to the requirements — to its characteristics — defined by :

— the intersection point between the hodograph of the vector $\underline{Z}_V$ and the lense (D) ;

— the impedance variation speed $\left(\dfrac{dZ_V}{dt}\right)$;

— the time between two successive passings through the axis x of the phasor $\underline{F}$ (Δt),

can be calculated with relations (17), (23) and (24).

A series of checkings about the geometric place of the impedance vector

$\underline{Z}_{vi(t)} = \dfrac{\underline{U}_i}{\underline{I}_i}$ through dynamic regime calculations on a real scheme (Fig. 4) have been performed. Some results are presented in Figures 5 ÷ 8, while the elements of the hodograph characteristics calculated by formulae (17), (23) and (24) on an analytical way and those established by dynamic regime calculations can be followed up in the table.

Concludingly, the study has shown that when a unit drops out of step the geometric place of the impedance as seen from the unit terminals is represented by a series of circles, travelled through for operation in initial inductive regime in the direction of the clock hands, for an initial capacitive regime. The intersection point with the ordinate axis (the electric oscillations centre) is placed for most large units of a medium-size power system within the unit reactance or very close to its terminals.

The analytical calculation which is very simple and easy to perform leads to results comparable to those ones established on the basis of simulated dynamic regimes which need an appreciable calculation amount, so that its use is recommended in operative analyses required for the choice of the generators needing these protections as well as of the particular settings of the protection installations.

Elemente de calcul pentru reglajul protecţiei contra mersului în asincron al generatoarelor

Dr. ing. **Marius Pomârleanu** şi ing. **Lia Bejuscu***

Introducere

Mersul accidental în asincron al grupurilor generatoare constituie o stare cu implicaţii puternic perturbatoare asupra funcţionării sigure şi economice a SEN. Ca urmare, se impune realizarea unei automatici care să sesizeze rapid şi sigur astfel de situaţii şi să le preîntîmpine prin deconectarea grupurilor ieşite din sincronism.

Se cunosc trei căi pentru identificarea funcţionării în asincron a unui grup în raport cu sistemul:

— verificarea sensului puterii active debitate de generator;

— măsurarea unghiului intern al generatorului;

— determinarea impedanţei văzute de la bornele blocului generator-transformator.

Cea de a treia cale, cea mai utilizată astăzi [1], se bazează pe faptul că vectorul impedanţei văzute de la bornele blocului se mişcă în timpul unui regim tranzitoriu pe caracteristici diferite după cum generatorul se află în sincronism (fig. 1a) sau în mers asincron (fig. 1b).

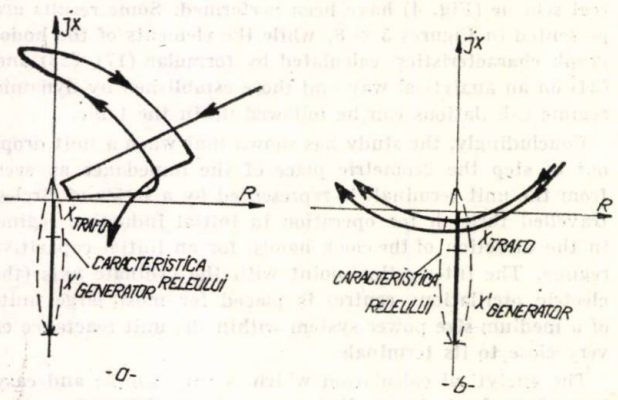


Fig. 1. Variaţia vectorului impedanţei în regimuri dinamice sincrone şi asincrone. (Impedance vector variation, function of the sincronous and asinchronous regimes).

Lucrarea îşi propune elaborarea unor căi simple care să permită evaluarea directă, pe o cale analitică a principalelor elemente caracteristice ale locului geometric al vectorului — impedanţă la mersul în asincron al unui generator în raport cu restul sistemului.

* Autorii lucrează la ICEMENERG.

1. Ipoteze adoptate

Se consideră cazul în care un generator se află, din diferite motive (scurtcircuite apropiate lichidate defectuos etc.), în regim de funcţionare asincronă în raport cu restul generatoarelor din sistemul în studiu, sistem de putere mult mai mare decît generatorul analizat.

În această situaţie se poate admite că restul generatoarelor, care rămîn în sincronism, se mişcă practic împreună în regimul dinamic rezultat. Această ipoteză permite echivalarea sistemului printr-un generator unic de tipul REI-Dimo [2], reprezentat printr-o t.e.m. fixă (E'_e) în spatele reactanţei tranzitorii echivalente X'_e. Sarcina sistemului se echivalează sub forma unei impedanţe constante şi apare în final la bornele celor două t.e.m. E'_G şi E'_e, astfel că schema de calcul se reduce la elementele reprezentate în figura 2.

Problema se reduce la determinarea expresiei impedanţei $\underline{Z}_v$, văzute din punctul de tensiune U_G (fig. 2 a) cînd t.e.m. $\underline{E}'_G$ se roteşte în raport cu E'_e.

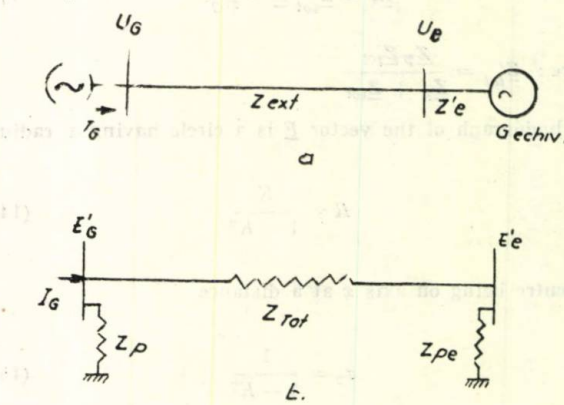


Fig. 2. Schema finală de calcul pentru studiul mersului în asincron al unui generator. (Final diagram for the study of the asinchronous running of a generator).

2. Determinarea hodografului vectorului $\underline{Z}_v$

Pentru stabilirea locului geometric, a hodografului vectorului $\underline{Z}_v$ se parcurg următoarele etape:

a) Se scrie expresia impedanţei $\underline{Z}_v$ sub forma:

$$\underline{Z}_v = \frac{\underline{U}_G}{\underline{I}_G} = \frac{\underline{E}'_G}{\underline{I}_G} - \underline{Z}'_G \qquad (1)$$

Dar, conform figurii 2 b:

$$\underline{I}_G = \frac{\underline{E}'_G - \underline{E}'_e}{\underline{Z}_{tot}} + \frac{\underline{E}'_G}{\underline{Z}_p} \tag{2}$$

şi atunci:

$$\underline{Z}_v = \frac{\underline{E}'_G \cdot \underline{Z}_p \cdot \underline{Z}_{tot}}{\underline{Z}_p (\underline{E}'_G - \underline{E}'_e) + \underline{Z}_{tot}\underline{E}'_G} - \underline{Z}'_G \tag{3}$$

sau:

$$\underline{Z}_v = \frac{\underline{Z}_p \cdot \underline{Z}_{tot}}{\underline{Z}_p + \underline{Z}_{tot}} \cdot \frac{1}{1 - \frac{\underline{Z}_p}{\underline{Z}_p + \underline{Z}_{tot}} \cdot \frac{\underline{E}'_e}{\underline{E}'_G}} - \underline{Z}'_G \tag{4}$$

Dacă se notează:

$$\underline{Z}'_{tot} = \frac{\underline{Z}_p \cdot \underline{Z}_{tot}}{\underline{Z}_p + \underline{Z}_{tot}} \quad (5) \text{ şi } \underline{F} = \frac{1}{1 - \frac{\underline{Z}_p}{\underline{Z}_p + \underline{Z}_{tot}} \cdot \frac{\underline{E}'_e}{\underline{E}'_G}} \tag{6}$$

se obţine:

$$\underline{Z}_v = \underline{Z}'_{tot}\,\underline{F} - \underline{Z}'_G \tag{7}$$

b) Se analizează expresia $\underline{F}$ după cum urmează:

$$\underline{F} = \frac{1}{1 - K e^{j\delta'}} \quad (8) \text{ unde: } K = \left|\frac{\underline{Z}_p}{\underline{Z}_p + \underline{Z}_{tot}}\right| \cdot \left|\frac{\underline{E}'_e}{\underline{E}'_G}\right| \quad (9)$$

$$\text{şi } \delta' = \delta + \alpha \tag{10}$$

cu: δ — unghiul dintre cele două t.e.m.

α — argumentul fazorului $\dfrac{\underline{Z}_p}{\underline{Z}_p + \underline{Z}_{tot}}$

Atunci:

$$\underline{F} = \frac{1}{1 - K\cos\delta' - jK\sin\delta'} =$$

$$\frac{1 - K\cos\delta' + jK\sin\delta'}{(1 - K\cos\delta')^2 + K^2\sin^2\delta'} = x + jy \tag{11}$$

Prin identificarea termenilor se obţine:

$$x = \frac{1 - K\cos\delta'}{1 + K^2 - 2K\cos\delta'} \tag{12}$$

$$y = \frac{K\sin\delta'}{1 + K^2 - 2K\cos\delta'}$$

c) Se obţine expresia analitică a hodografului vectorului $\underline{F}$ prin eliminarea lui δ' între cele două ecuaţii (12):

$$\left(x - \frac{1}{1 - K^2}\right)^2 + y^2 = \left(\frac{K}{1 - K^2}\right)^2 \tag{13}$$

Această expresie arată că $\underline{F}$ se plimbă pe un cerc cu raza

$$R = \frac{K}{1 - K^2} \tag{14}$$

cu centrul pe axa x la distanţa

$$x_0 = \frac{1}{1 - K^2} \tag{15}$$

de origine şi care intersectează axa x în punctele

$$x_0 - R = \frac{1}{1 \pm K} \tag{16}$$

Se observă că atunci cînd $k = 1$ cercul degenerează într-o dreaptă paralelă cu axa y.

d) Trasarea hodografului vectorului $\underline{Z}_v$ impune înmulţirea vectorului $\underline{F}$ cu fazorul constant $\underline{Z}'_{tot}$ ceea ce înseamnă rotirea întregii figuri a hodografului vectorului $\underline{F}$ cu unghiul constant corespunzător argumentului lui $\underline{Z}'_{tot}$ şi amplificarea modulului lui $\underline{F}$ cu modulul lui $\underline{Z}'_{tot}$, obţinîndu-se în final figura 3.

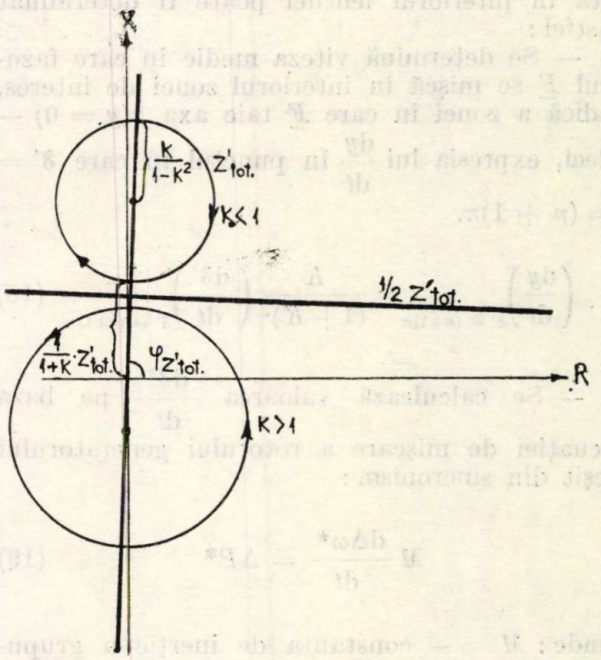


Fig. 3. Hodograful vectorului impedanţei Z_v. (Impedance vector Z_v hodograf).

Deoarece la mersul în asincron al unui generator în raport cu sistemul viteza lui este mai mare decît viteza de sincronism înseamnă că unghiul δ' creşte.

Analizînd cum variază fazorul $x + jy$ la creşterea unghiului δ' rezultă că cercul cu $K < 1$ este parcurs în sensul acelor de ceasornic, iar pentru $K > 1$, în sens contrar. Scă-

derea fazorului $\underline{Z}'_G$ din fazorul $\underline{F}\cdot\underline{Z}'_{tot}$ (pentru a obține pe $\underline{Z}_v$) echivalează cu mutarea originii pe axa lui $\underline{Z}'_{tot}$ (deoarece, practic $\varphi_{\underline{Z}'_{tot}} \cong \varphi_{\underline{Z}'_{tot}}$).

Cu aceasta, toate elementele hodografului vectorului $\underline{Z}_v$ sînt determinate și cunoașterea lor permite evidențierea caracteristicilor mersului asincron.

3. Protecția contra mersului în asincron al grupurilor și elementele sale

Un releu care să poată delimita clar o zonă îngustă în jurul axei imaginare în raport cu care să se facă separarea zonelor caracteristice mersului asincron și celui sincron va constitui elementul de bază al unei astfel de protecții. Un releu cu o caracteristică lenticulară, așa cum este trasată punctat în figura 1, răspunde acestor cerințe.

Punctul de intersecție dintre hodograful vectorului $\underline{Z}_v$ și lentilă se determină cu relația:

$$D = \frac{1}{1+K}\,|\underline{Z}'_{tot}| - |\underline{Z}'_G| \qquad (17)$$

Timpul cît fazorul impedanței aparente $\underline{Z}_v$ stă în interiorul lentilei poate fi determinat astfel:

— Se determină viteza medie în care fazorul $\underline{F}$ se mișcă în interiorul zonei de interes, adică a zonei în care $\underline{F}$ taie axa $x(y = 0)$ — deci, expresia lui $\frac{dy}{dt}$ în punctul în care $\delta' = (n+1)\pi$.

$$\left(\frac{dy}{dt}\right)_{\delta' = (n+1)\pi} = \frac{K}{(1+K)^2}\left(\frac{d\delta'}{dt}\right)_{\delta' = (n+1)\pi} \qquad (18)$$

— Se calculează valoarea $\frac{d\delta'}{dt}$ pe baza ecuației de mișcare a rotorului generatorului ieșit din sincronism:

$$M\frac{d\Delta\omega^*}{dt} = \Delta P^* \qquad (19)$$

unde: M — constanta de inerție a grupului, s;

$\Delta\omega^*$ — variația vitezei unghiulare relative a rotorului față de viteza de sincronism, ω_0 — rad/sec.

și $$\Delta P^* = \frac{P_{mec} - P_{el}}{P_n} \qquad (20)$$

cu: P_{mec} — puterea mecanică a turbinei în regimul anterior apariției defectului — MW;

P_{el} — puterea electrică debitată de mașină — MW;

P_n — puterea nominală a grupului — MVA.

Se obține:

$$\frac{d\delta'}{dt} = \omega_0\Delta\omega^* = \sqrt{\frac{2\omega_0}{M}\int \Delta P^*\,d\delta'} \qquad (21)$$

Pentru calculul expresiei de sub integrală se fac următoarele ipoteze acoperitoare:

— scurtcircuitul fiind apropiat de barele generatorului curba puterii electrice este practic redusă la ordonată ($P_{el} = 0$);

— scurtcircuitul este menținut cel puțin cît $\delta' \geqslant 180°$, adică pînă începe perioada de accelerare, pentru ca generatorul să intre în asincron (aceasta corespunde aproximativ cu timpii de acționare ai protecțiilor la un refuz de acționare al unui întrerupător de linie).

Cu aceste ipoteze se calculează:

$$\left(\frac{d\delta'}{dt}\right)_\pi = 2\pi\sqrt{\frac{50}{M}\frac{P_{mec}}{P_n}}, \qquad (22)$$

iar viteza de variație a impedanței va fi egală cu:

$$\frac{dZ_v}{dt} = Z'_{tot}\frac{K}{(1+K)^2}\cdot 2\pi\sqrt{\frac{50}{M}\frac{P_{mec}}{P_n}} \qquad (23)$$

Timpul între două treceri succesive prin zona care interesează se obține prin integrarea ecuației de mișcare în condițiile în care se consideră dependența de unghi a diferitelor cupluri. O soluție analitică exactă este foarte dificil de obținut și atunci, considerîndu-se o viteză medie corespunzătoare parcurgerii unui unghi egal cu 3π în ipoteza că nu au loc modificări ale puterii mecanice și ale caracteristicii $P_{el} = f(\delta)$, pentru un calcul orientativ [3] se obține expresia timpului scurs între două treceri succesive prin axa x a fazorului $\underline{F}$:

$$\Delta t = \frac{1}{9{,}66\sqrt{\frac{P_{mec}}{MP_n}}} \qquad (24)$$

Relațiile (17), (23) și (24) permit calculul mărimilor necesare pentru dimensionarea corectă a echipamentelor de protecție.

4. Verificări

Locul geometric al vectorului impedanței $\underline{Z}_{vi}(t) = \frac{\underline{U}_i}{\underline{I}_i}$ se poate stabili pe baza unor calcule de regim dinamic electromecanic efectuate pe o schemă reală. S-a ales pentru testări o variantă de schemă complexă, cu 999

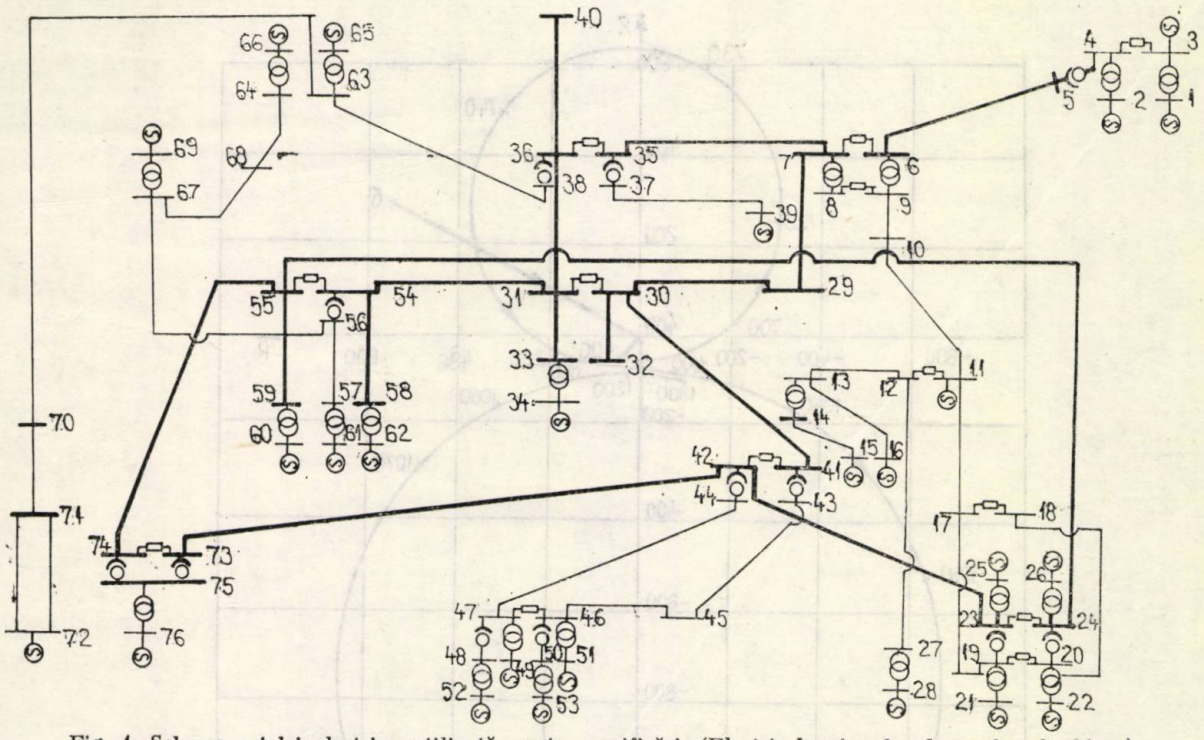


Fig. 4. Schema reţelei electrice utilizată pentru verificări. (Electrical network scheme for checkings).

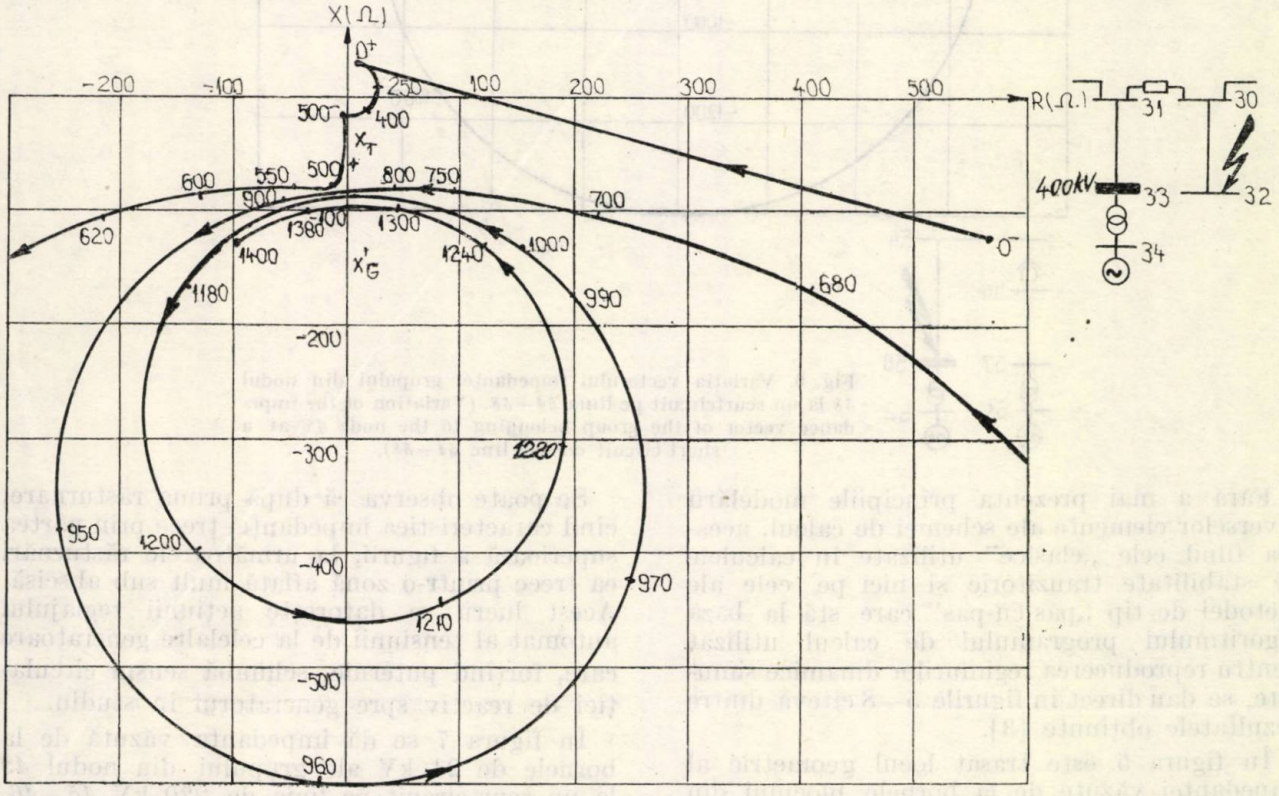


Fig. 5. Variaţia vectorului impedanţei grupului din nodul *33* la un scurtcircuit pe linia *30—32*. (Variation of the group belonging to the node *33*, at a short-circuit on the line *30—32*).

noduri şi 1117 legături, din care s-a extras o schemă de calcul care reţine numai 25 de mari generatoare din principalele zone producătoare ale sistemului studiat, restul generatoarelor fiind grupate în două noduri fictive (fig. 4).

Unele din grupurile pentru care s-au făcut calcule de regim dinamic în diverse situaţii privind regimul de pornire, localizarea perturbaţiilor, scenariul comutaţiilor rezultate etc. sînt reprezentate împreună cu schema locală, odată cu rezultatele obţinute (fig. 5 ÷ 8).

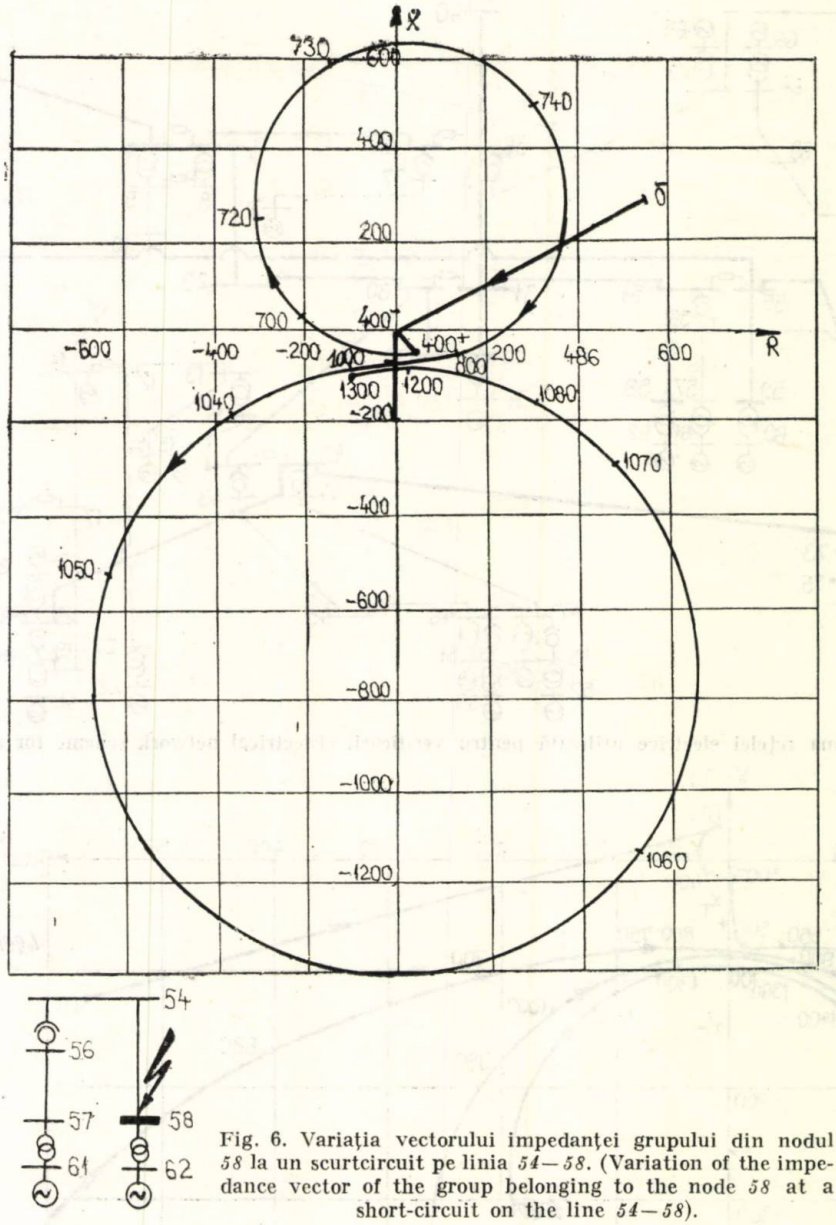


Fig. 6. Variația vectorului impedanței grupului din nodul *58* la un scurtcircuit pe linia *54—58*. (Variation of the impedance vector of the group belonging to the node *58* at a short-circuit on the line *54—58*).

Fără a mai prezenta principiile modelării diverselor elemente ale schemei de calcul, acestea fiind cele „clasice" utilizate în calculele de stabilitate tranzitorie și nici pe cele ale metodei de tip „pas-cu-pas" care stă la baza algoritmului programului de calcul utilizat pentru reproducerea regimurilor dinamice simulate, se dau direct în figurile 5—8 cîteva dintre rezultatele obținute [3].

În figura 5 este trasat locul geometric al impedanței văzute de la bornele blocului din nodul *33* cînd are loc un scurtcircuit pe una din liniile alăturate (*30—32*), eliminat cu întîrziere. Grupul urmărit funcționa în capacitiv și în urma defectului se poate observa că iese din sincronism.

În figura 6 se prezintă hodograful impedanței văzute de la bornele grupului din nodul *58* cînd scurtcircuitul este pe linia 54—58.

Se poate observa că după prima răsturnare, cînd caracteristica impedanței trece prin partea superioară a figurii, la următoarele răsturnări ea trece printr-o zonă aflată mult sub abscisă. Acest lucru se datorește acțiunii reglajului automat al tensiunii de la celelalte generatoare care, forțînd puternic, schimbă sensul circulației de reactiv spre generatorul în studiu.

În figura 7 se dă impedanța văzută de la bornele de 24 kV ale grupului din nodul *49* la un scurtcircuit pe linia de 220 kV *45—46*, iar în figura 8 grupul urmărit este din bara *65*, (bară de 15 kV) la un scurtcircuit pe linia *38—63*.

Cîteva elemente privind caracteristicile hodografului descris de impedanța văzută de la bornele generatoarelor urmărite sînt redate în tabelul 1.

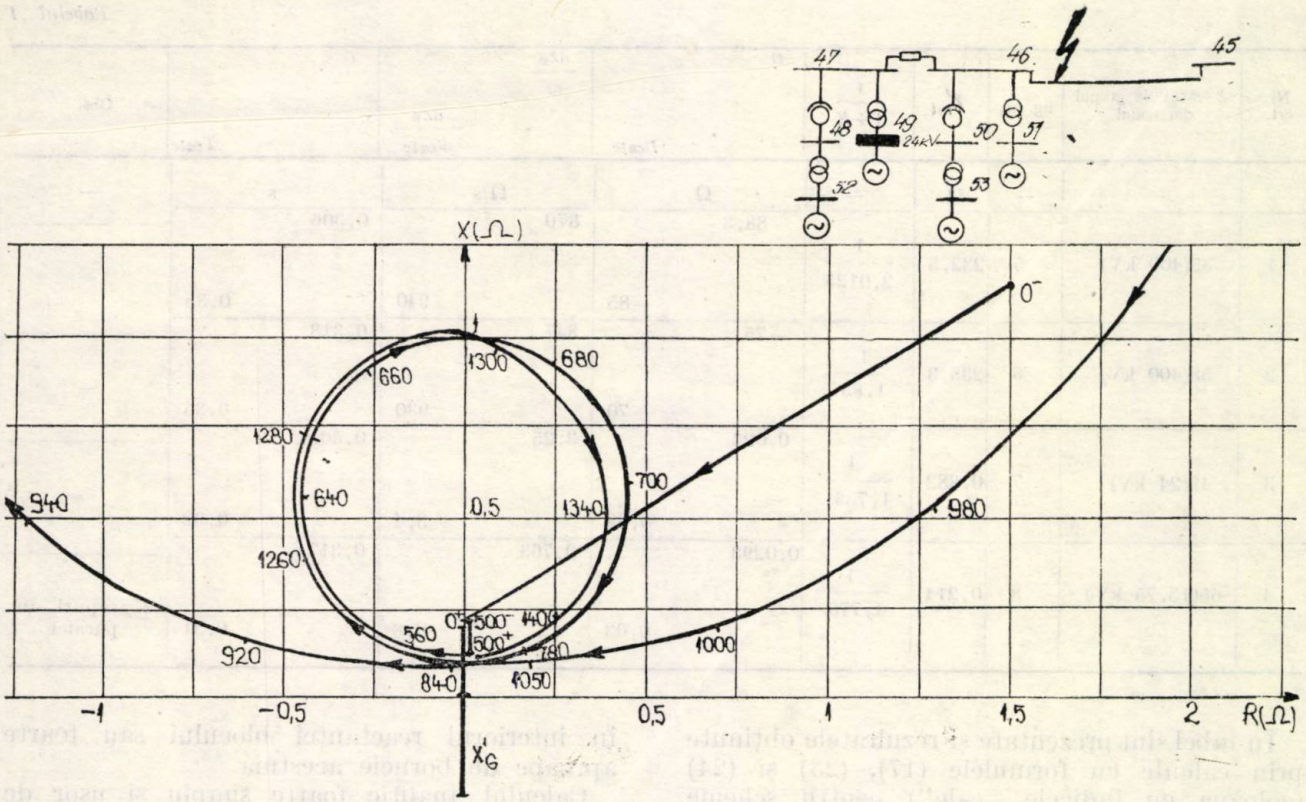


Fig. 7. Variația vectorului impedanței grupului din nodul *49* la un scurtcircuit pe linia *45—46*. (Variation of the impedance vector of the group belonging to the node *49* at a short-circuit on the line *45—46*).

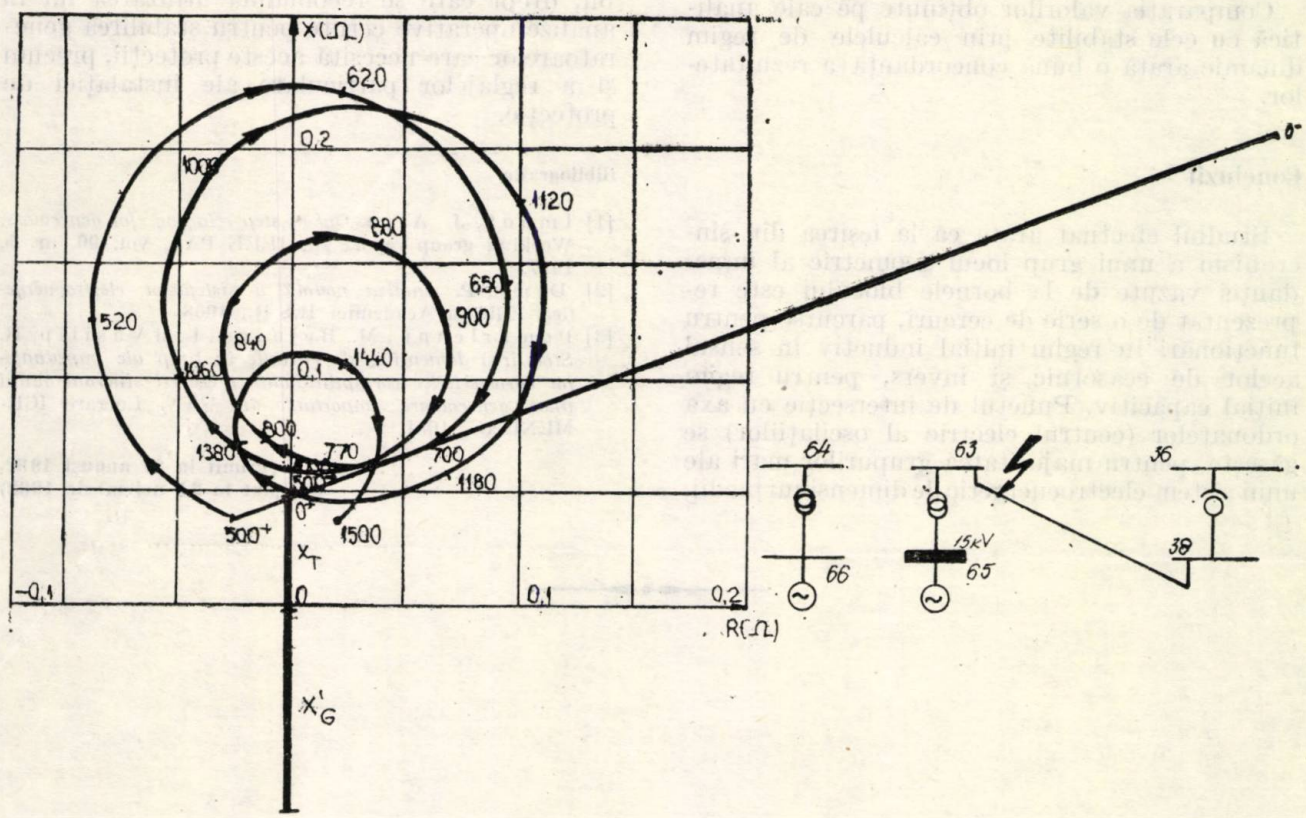


Fig. 8. Variația vectorului impedanței grupului din nodul *65* la un scurtcircuit pe linia *38—63*. (Variation of the impedance vector of the group belonging to the node *65* at a short-circuit on line *38—63*).

Tabelul 1

Nr. crt.	Z văzut de grupul din nodul	fig. nr.	Z'_{tot}	$\frac{1}{1+K}$	D / D_{calc}	$\frac{dZ_v}{dt}$ / $\frac{dZ_v}{dt_{calc}}$	T / T_{calc}	Obs.
—	—	—	Ω	—	Ω	Ω/s	s	—
1	33(400 kV)	5	232,5	$\frac{1}{2,0125}$	−88,3 / −85	870 / 940	0,306 / 0,35	—
2	58(400 kV)	6	235,3	$\frac{1}{1,83}$	−75 / −70	847 / 930	0,318 / 0,35	—
3	49(24 kV)	7	0,882	$\frac{1}{1,736}$	0,023 / 0,08	3,25 / 3,4	0,305 / 0,32	—
4	65(15,75 kV)	8	0,214	$\frac{1}{1,778}$	0,0298 / 0,03	0,763 / 0,8	0,317 / 0,31	3 grupuri în paralel

În tabel sînt prezentate și rezultatele obținute prin calcule cu formulele (17), (23) și (24) (coloana cu indicele „calc") pentru scheme reduse de forma celor din figura 2 b, construite individual pentru fiecare din cele patru noduri analizate.

Comparația valorilor obținute pe cale analitică cu cele stabilite prin calculele de regim dinamic arată o bună concordanță a rezultatelor.

Concluzii

Studiul efectuat arată că la ieșirea din sincronism a unui grup locul geometric al impedanței văzute de la bornele blocului este reprezentat de o serie de cercuri, parcurse pentru funcționări în regim inițial inductiv în sensul acelor de ceasornic și invers, pentru regim inițial capacitiv. Punctul de intersecție cu axa ordonatelor (centrul electric al oscilațiilor) se găsește, pentru majoritatea grupurilor mari ale unui sistem electroenergetic de dimensiuni medii, în interiorul reactanței blocului sau foarte aproape de bornele acestuia.

Calculul analitic foarte simplu și ușor de efectuat conduce la rezultate comparabile cu cele stabilite pe baza regimurilor dinamice simulate, care necesită un volum de calcule apreciabil, drept care se recomandă utilizarea lui în analize operative cerute pentru stabilirea generatoarelor care necesită aceste protecții, precum și a reglajelor particulare ale instalației de protecție.

Bibliografie

[1] Imhof, J. A., ș.a. *Out of step relaying for generators.* Working group report In. IEEE PAS, vol. 96, nr. 5, 1977.

[2] Dimo, P. *Analiza nodală a sistemelor electroenergetice.* Editura Academiei R.S.R., 1968.

[3] Pomârleanu, M., Bejuscu, L. și Vasiliu R. *Stabilirea domeniilor de variație în timp ale impedanțelor caracteristice corespunzătoare pierderii sincronismului unor generatoare importante din SEN.* Lucrare ICEMENERG, 1981.

(Primit la 27 august 1982, acceptat la 24 noiembrie 1982)

Modele matematice adoptate în calculul stabilităţii SEN pentru regulatoarele de viteză mecanohidraulice la turbine

Dr. ing. **H. Cristea** *

Consideraţii generale

Identificarea modelelor sistemelor în general porneşte de la un nivel de cunoştinţe minim [1]. În cele mai multe cazuri se cunoaşte structura modelului, ce se constituie în conformitate cu înlănţuirea blocurilor funcţionale fizice, componente ale sistemelor care permit accesul la prelevarea şi măsurarea variabilelor de stare.

Structura, ca prim nivel al cunoaşterii modelului, cît şi parametrii acestuia se determină din probe cu grupul în funcţiune, pe baza înregistrărilor intrare-ieşire din regim tranzitoriu.

Prezenţa în schemă a diferenţiatorului la aceste regulatoare imprimă caracterul de SRAV de tip tahoaccelerometric, ceea ce adaugă un plus de informaţie asupra structurii modelului.

Probele şi măsurătorile efectuate la aruncare de sarcină au avut drept scop atît determinarea modelului matematic al SRAV, cît şi verificarea comportării în exploatare în regim tranzitoriu al grupului.

1. Date experimentale

Din probele aruncării sarcinii pe TA 4 de 100 MW şi pe TA 1 de 50 MW din CET Sud, prin deconectarea de la reţea, au fost prelevate şi înregistrate variabilele de stare intrare-ieşire SRAV în regim tranzitoriu după cum urmează :

$\Delta n(t)$ — variaţia turaţiei turbinei, rot/min ;
$\Delta y(t)$ — variaţia cursei tijei servomotorului de acţionare a ventilului de reglaj.

Rezultatele înregistrărilor experimentale obţinute sînt prezentate în figura 1, pentru turbina VT-100-1, şi în figura 2, pentru turbina VPT-50-3.

Din curbele experimentale înregistrate (fig. 1 şi 2) prin metode grafoanalitice de prelucrare s-au obţinut direct următoarele date :

a) *Turbina VT-100-1*

T_f = 0,625 — timpul minim la închidere a VR, s ;
T_g = 0,625 — timpul minim la deschidere a VR, s ;
Tq = 0,25 — timpul de întîrziere, s ;
ΔT = 3,25 — durata de acţionare a diferenţiatorului (variabilă funcţie de valoarea sarcinii aruncate), s ;
$n(0)$ = 2920 — valoarea iniţială a turaţiei, rot/min ;

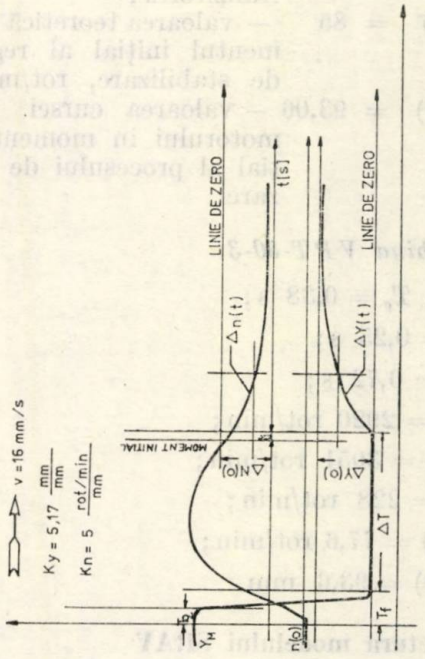


Fig. 1. Răspunsul SRAV, turbina VT-100-1, la aruncarea de sarcină cu rămînere pe servicii interne (regim de condensaţie şi priză).

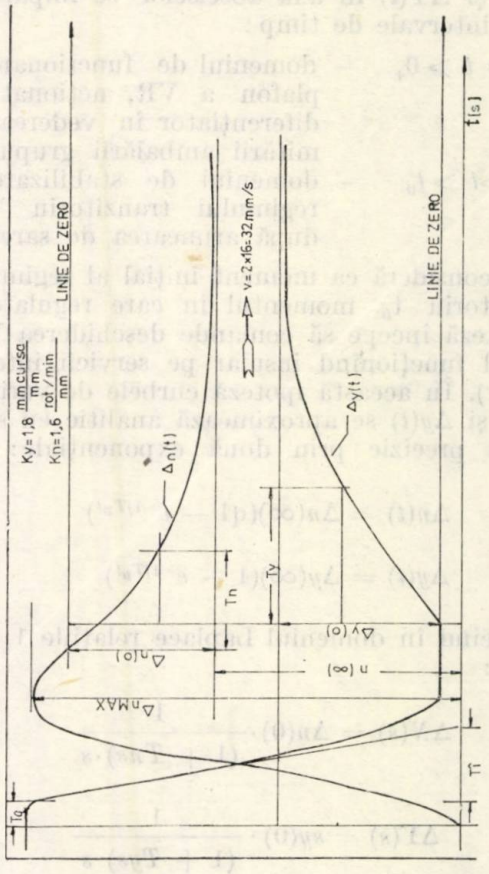


Fig. 2. Răspunsul SRAV, turbina VPT-50-3 (DSL-50) la aruncare de sarcină cu rămînere pe servicii interne (regim de condensaţie şi priză).

* Dr. ing. M. Cristea este cercetător pr. II la ICMENERG.

$n(\infty)$ = 2980 — valoarea din regim stabilizat după aruncarea sarcinii TA, rot/min;

Δn_M = 200 — abaterea maximă de turaţie pe durata regimului tranzitoriu;

$\Delta n(0)$ = 85 — valoarea teoretică în momentul iniţial al regimului de stabilizare, rot/min;

$\Delta Y(0)$ = 93,06 — valoarea cursei servomotorului în momentul iniţial al procesului de stabilizare.

b) *Turbina VPT-50-3*

$T_f = T_g = 0{,}38$ s;

$Tq = 0{,}25$ s;

$\Delta T = 0{,}72$ s;

$n(0) = 2920$ rot/min;

$n(\infty) = 3051$ rot/min;

$\Delta n_M = 228$ rot/min;

$\Delta n(0) = 77{,}6$ rot/min;

$\Delta Y(0) = 93{,}6$ mm.

2. Structura modelului SRAV

Curbele înregistrate în regimul tranzitoriu de după deconectarea de la reţea a grupurilor $\Delta n(t)$ şi $\Delta Y(t)$ în axa absciselor se împart în două intervale de timp:

$t_0 \geqslant t > 0_+$ — domeniul de funcţionare în plafon a VR, acţionat de diferenţiator în vederea limitării ambalării grupului;

$\infty > t > t_0$ — domeniul de stabilizare a regimului tranzitoriu de după aruncarea de sarcină.

Se consideră ca moment iniţial al regimului tranzitoriu t_0, momentul în care regulatorul de viteză începe să comande deschiderea VR, grupul funcţionînd insular pe servicii interne (fig. 1). În această ipoteză curbele de variaţie $\Delta n(t)$ şi $\Delta y(t)$ se aproximează analitic cu suficientă precizie prin două exponenţiale:

$$\Delta n(t) = \Delta n(\infty)(q1 - e^{-1/T_n t}) \tag{1}$$

$$\Delta y(t) = \Delta y(\infty)(1 - e^{-1/T_y t}) \tag{2}$$

Trecînd în domeniul Laplace relaţiile 1 şi 2 devin:

$$\Delta N(s) = \Delta n(0) \cdot \frac{1}{(1 + Tns) \cdot s} \tag{3}$$

$$\Delta Y(s) = sy(0) \cdot \frac{1}{(1 + Tys) \cdot s} \tag{4}$$

Funcţia de transfer rezultă din raportul transformatelor Laplace ale variabilelor de stare ieşire-intrare SRAV;

$$H(s) = \frac{\Delta Y(s)}{\Delta N(s)} = \frac{\Delta y}{\Delta n} \cdot \frac{1 + Tn \cdot s}{1 + Ty \cdot s} = K \frac{1 + Tns}{1 + Tys} \tag{5}$$

În conformitate cu nomenclatorul de structură şi parametrii din normele şi uzanţele din literatura de specialitate [4], [5] modelul SRAV are structura:

$$H(s) = \frac{1 + m \cdot s}{b_p + \tau \cdot s}, \tag{6}$$

în care

$m = T_n$ este dozajul accelerometric, s;

$b_p = \frac{1}{k}$ — statismul permanent, n.r.;

$\tau = \frac{T_y}{k}$ — timpul caracteristic promptitudinii [8].

3. Parametrii modelului SRAV

Din curbele înregistrate experimental la aruncarea sarcînii electrice pentru *TA* 4 (fig. 1) şi *TA* 1 (fig. 2) CET Bucureşti-Sud se deduce:

$$T_n = 1{,}34 \text{ s, respectiv } 1{,}06 \text{ s;} \tag{7}$$

$$T_y = 1{,}156 \text{ s, respectiv } 1{,}406 \text{ s.}$$

În conformitate cu relaţiile deduse pentru parametrii modelului se calculează valorile acestora după cum urmează:

a) *Modelul SRAV turbina VT-100-1*

$$k = \frac{\Delta y}{\Delta n} = \frac{18 \cdot 5{,}17}{17 \cdot 5} \cdot \frac{3000}{150} = 21{,}9 \text{ [u.r.]} \tag{8}$$

$$bp = 1/k = 1/21{,}9 = 0{,}046 \text{ [u.r.]} \tag{9}$$

$$\tau = \frac{T_y}{k} = \frac{1{,}156}{21{,}9} = 0{,}053 \text{ [s]} \tag{10}$$

b) *Modelul SRAV turbina VPT-50-3*

$$K = \frac{\Delta Y(0)}{\Delta n(0)} = \frac{93{,}6}{77{,}6} = 24 \text{ [u.r.]} \tag{11}$$

$$bp = \frac{1}{k} = \frac{1}{24} = 0{,}042 \text{ [u.r.]} \tag{12}$$

$$\tau = \frac{Ty}{K} = \frac{1{,}406}{24} = 0{,}056 \approx 0{,}06 \text{ [s]} \tag{13}$$

4. Blocurile neliniare ale modelului SRAV

Neliniarităţile principale de care trebuie să se ţină seama în modelele SRAV mecanohidraulice sînt jocurile tahimetrului şi variatorului, precum şi insensibilitatea distribuitorului servomotorului principal şi a servomotorului variator al sarcinii turbinei. Jocurile au caracteristica unei funcţii histerezis, zona moartă corespunzătoare lor fiind definită în abateri ale turaţiei care s-ar fi produs la turbină funcţionînd în gol la parcurgerea acestei zone, în ipoteza că ea lipseşte. Valoarea acestor jocuri echivalente în turaţie este de (0,0004 ÷ 0,001) u.r.

Insensibilitatea are valori cuprinse între 0,001 şi 0,004 u.r.

Limitele maxime şi minime ale consemnului cuprinse în domeniul de reglaj sînt:

$$X_M = \frac{\Delta n\mathrm{I}}{} = \frac{330}{3\,000} = 0{,}11 \qquad (14)$$

$$X_m = \frac{n_m T -}{} = \frac{2720-3000}{3000} = -0{,}09, \qquad (15)$$

în care s-a notat:

ΔnI — valoarea primei trepte de reglaj a protecţiei de supraturaţie a turbinei;

n_nI — valoarea de minim tehnic a turaţiei grupului.

Schemele bloc pe componente funcţionale obţinute prin identificarea pentru SRAV turbina TV-100-1 şi VPT-50-3 din CET Bucureşti Sud sînt date în figura 3, respectiv figura 4.

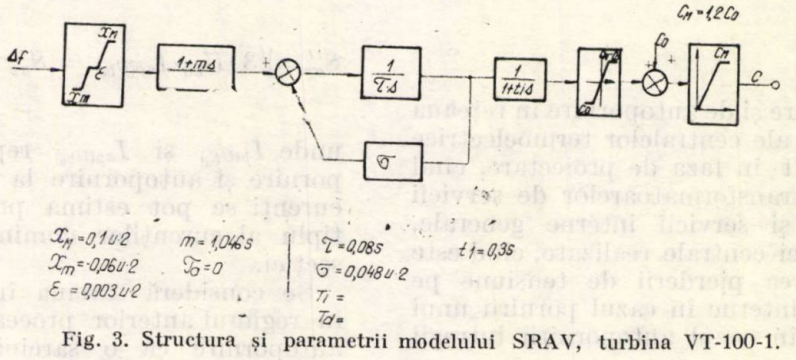


Fig. 3. Structura şi parametrii modelului SRAV, turbina VT-100-1.

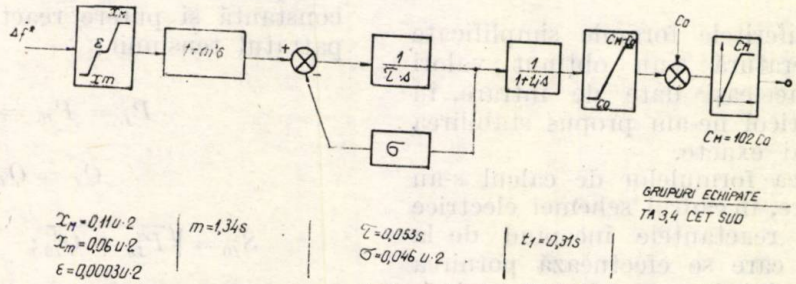


Fig. 4. Structura şi parametrii modelului SRAV, turbina VPT-50-3.

Concluzii

— Pentru tipodimensiunile grupurilor de 50 MW şi 100 MW s-au efectuat probe şi măsurători la TA1 echipat cu turbină VPT-50-3 şi TA4 echipat cu turbină VT-100-1 în regim de condensaţie şi priză de termoficare.

— În ambele cazuri la aruncarea sarcinii electrice grupurile au rămas în insulă pe serviciile interne, regimul tranzitoriu fiind asimptotic amortizat pentru grupul de 50 MW şi cu slabe oscilaţii pentru grupul de 100 MW, ambele considerate normale.

— Nu se pot enunţa concluzii definitive asupra comportării normale a SRAV pînă ce nu se vor efectua probele în toate cele trei variante de lucru şi în special în regimul de contrapresiune.

Bibliografie

[1] Cristea, H. şi Nechita N. *Studiu privind oportunitatea determinării prin identificare a parametrilor şi caracteristicilor echivalente ale elementelor şi subansamblelor SEN.* ICEMENERG, LSE, 95.335.

[2] Popovici, M. şi Liţă M. *Asistenţă tehnică privind comportarea sistemelor de reglaj ale turbinelor din centralele IE Bucureşti.* ICEMENERG, LCCT, 88198/1978.

[3] Cristea, H. *Identificarea parametrilor generatoarelor, modelelor SRAE şi SRAV adoptate în calculul regimurilor pentru grupuri energetice.* ICEMENERG, LSE, 15.408/1980.

[4] * * * *Instrucţiuni privind probele funcţionale ale sistemelor de reglare automată a tensiuhii şi vitezei grupurilor energetice,* PE 509/1975.

[5] * * * *Code international d'essai des regulateurs de viteses pour turbines hydrauliques.* Publication 308/1970.

(Primit la 4 iunie 1982, acceptat la 16 iunie 1982)

Calcule de pornire şi autopornire în reţeaua serviciilor interne ale centralelor termoelectrice

ing. Canciu L., ing. Oprişiu N. şi ing. Dobre V.*

Introducere

Calcule de pornire şi de autopornire în reţeaua serviciilor interne ale centralelor termoelectrice sînt necesare atît în faza de proiectare, cînd se face alegerea transformatoarelor de servicii interne de bloc şi servicii interne generale, cît şi în cazul unei centrale realizate, cînd este necesară verificarea pierderii de tensiune pe barele serviciilor interne în cazul pornirii unui motor mare sau în cazul autopornirii întregii secţii.

Deoarece cu diferitele formule simplificate existente în literatură s-au obţinut valori diferite pentru aceleaşi date de intrare, în cadrul acestui articol ne-am propus stabilirea unor formule mai exacte.

Pentru stabilirea formulelor de calcul s-au luat în considerare, în cadrul schemei electrice echivalente, doar reactanţele începînd de la barele secţiei pe care se efectuează pornirea sau autopornirea pînă la sursa de putere infinită. S-a notat cu U_{b0} tensiunea pe bare din regimul anterior pornirii sau autopornirii şi cu U_b tensiunea pe bare în momentul iniţial al pornirii sau autopornirii. S-a definit coeficientul de revenire a tensiunii prin:

$$C_{rev} = \frac{U_b}{U_{b0}}.$$

Puterea de scurtcircuit pe barele secţiei se defineşte prin relaţia:

$$S_{sc} = \frac{U_{b0}^2}{X_{sc}},$$

unde X_{sc} reprezintă suma reactanţelor de la barele secţiei pînă la sursa de putere infinită.

Puterile aparente de pornire şi autopornire se definesc cu relaţiile:

$$S_p = \sqrt{3} \cdot U_b \cdot I_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2},$$

$$S_{ap} = \sqrt{3} \cdot U_b \cdot I_{ap} = \sqrt{P_{ap}^2 + Q_{ap}^2}.$$

Deoarece în general nu se cunosc puterile aparente absorbite în momentul pornirii sau autopornirii, se definesc puterile aparente de calcul cu relaţiile:

$$S''_p = \sqrt{3} \cdot U_{b0} \cdot I_{p(U_{b0})} = S_p \frac{1}{C_{rev}^2} = \sqrt{P''^2_p + Q''^2}$$

$$S''_{ap} = \sqrt{3} \cdot U_{b0} \cdot I_{ap(U_{b0})} = S_{ap} \frac{1}{C_{rev}^2} = \sqrt{P''^2_{ap} + Q''^2_{ap}}$$

unde $I_{p(U_{b0})}$ şi $I_{ap(U_{b0})}$ reprezintă curenţii de pornire şi autopornire la tensiunea U_{b0}. Aceşti curenţi se pot estima printr-un anumit multiplu al curenţilor nominali ai consumatorilor secţiei.

Se consideră sarcina în funcţiune pe bare în regimul anterior procesului de pornire sau autopornire ca o sarcină de putere activă constantă şi putere reactivă proporţională cu patratul tensiunii:

$$P_f = P_{f0} = \text{constant}$$

$$Q_f = Q_{f0} C_{rev}^2$$

$$S_{f0} = \sqrt{P_{f0}^2 + Q_{f0}^2}; \quad S_f = \sqrt{P_f^2 + Q_f^2},$$

unde Q_{f0} reprezintă puterea reactivă la tensiunea U_{b0}.

S-au considerat două situaţii distincte: pornirea unui motor pe barele secţiei pe care se găseşte o sarcină în funcţiune (regim echivalent cu autopornirea unei secţii sau a mai multor secţii transferate pe alimentarea de rezervă) şi autopornirea secţiei sau a secţiilor pe transformatorul serviciilor proprii de bloc (rezultată, de exemplu, în urma eliminării unui scurtcircuit înainte de a lucra AAR).

1. Procesul de pornire a unui motor pe o bară cu sarcină în funcţiune

În figura 1 s-a prezentat schema echivalentă în care are loc pornirea. S-au prezentat de asemenea şi diagramele fazoriale în regimul anterior pornirii şi în regimul iniţial pornirii.

Se pot scrie următoarele relaţii:

$$\overline{U}_s = U_{b0}\left(1 + \frac{Q_{f0}}{S_{sc}} + j\frac{P_{f0}}{S_{sc}}\right)$$

$$\overline{U}'_s = U_{b0}\left(C_{rev} + \frac{Q_{f0}C_{rev}^2 + Q_p}{S_{sc}} \cdot \frac{1}{C_{rev}} + j\frac{P_{f0} + P_p}{S_{sc}} \cdot \frac{1}{C_{rev}}\right).$$

Tensiunea U_s fiind constantă, modulele U_s şi U'_s din cele două relaţii sînt egale. Egalînd

* Autorii lucrează la ICEMENERG.

pătratele modulelor, rezultă:

$$S_{sc}^2 + 2S_{sc}\cdot Q_{f0} + Q_{f0}^2 + P_{f0}^2 - S_{sc}^2\cdot C_{rev}^2 -$$

$$-2S_{sc}\,(Q_{f0}\cdot C_{rev}^2 + Q_p) - Q_{f0}^2\cdot C_{rev}^2 - \frac{Q_p^2}{C_{rev}^2} -$$

$$-2Q_{f0}\cdot Q_p - \frac{P_{f0}^2}{C_{rev}^2} - \frac{P_p^2}{C_{rev}^2} - 2\frac{P_{f0}\,P_p}{C_{rev}^2} = 0 \quad (1)$$

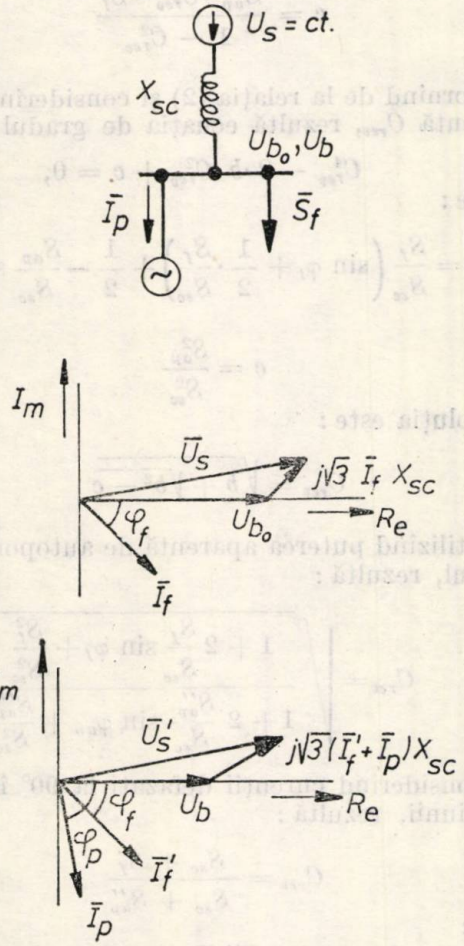


Fig. 1.

Considerînd ca necunoscută puterea de scurtcircuit necesară, rezultă ecuaţia de gradul doi:

$$S_{sc}^2 - 2\cdot b\cdot S_{sc} - c = 0,$$

unde:

$$b = \frac{Q_p}{1 - C_{rev}^2} - Q_{f0}$$

$$c = \frac{1}{C_{rev}^2(1 - C_{rev}^2)}[(P_{f0} + P_p)^2 +$$

$$+ (Q_{f0}\,C_{rev}^2 + Q_p)^2 - S_{f0}^2\,C_{rev}^2)]$$

Soluţia ecuaţiei este:

$$S_{sc} = b + \sqrt{b^2 + c}$$

Utilizînd puterea aparentă de pornire de calcul S_p'', rezultă coeficienţii b şi c:

$$b = \frac{Q_P'' C_{rev}^2}{1 - C_{rev}^2} - Q_{f0}$$

$$c = \frac{1}{1 - C_{rev}^2}\left[(P_{f0} + P_p'' C_{rev}^2)^2\cdot\frac{1}{C_{rev}^2} + \right.$$

$$\left. + (Q_{f0} + Q_p'')^2\cdot C_{rev}^2 - S_{f0}^2)\right]$$

Pornind de la relaţia (1) şi considerînd ca necunoscută C_{rev}, rezultă ecuaţia de gradul patru:

$$C_{rev}^4 - 2\cdot b\cdot C_{rev}^2 + c = 0,$$

unde:

$$b = \frac{0{,}5(S_{sc}^2 + S_{f0}^2) - S_{sc}\cdot(Q_p - Q_{f0}) - Q_{f0}Q_p}{(S_{sc} + Q_{f0})^2}$$

$$c = \frac{S_p^2 + P_{f0}^2 + 2P_{f0}P_p}{(S_{sc} + Q_{f0})^2}$$

Soluţia ecuaţiei este:

$$C_{rev} = \sqrt{b + \sqrt{b^2 - c}}$$

Utilizînd puterea aparentă de pornire de calcul S_p'', rezultă coeficienţii b şi c:

$$b = \frac{0{,}5(S_{sc}^2 + S_{f0}^2) + S_{sc}\,Q_{f0} - P_{f0}\cdot P_p''}{P_p''^2 + (S_{sc} + Q_{f0} + Q_p'')^2}$$

$$c = \frac{P_{f0}^2}{P_p''^2 + (S_{sc} + Q_{f0} + Q_p'')^2}$$

Formulele stabilite sînt valabile şi pentru procesul de autopornire pe alimentarea de rezervă pe care anterior procesului se afla sarcina în funcţiune S_{f0}, prin înlocuirea S_p cu S_{ap} sau a S_p'' cu S_{ap}''. De asemenea, formulele se pot utiliza şi pentru cazul în care la bornele generatorului sînt racordate mai multe transformatoare de servicii interne de bloc, eroarea care se face fiind mică.

2. Procesul de autopornire pe transformatorul de servicii interne de bloc

Această situaţie apare atunci cînd, în urma eliminării unui scurtcircuit, motoarele din cadrul serviciilor interne, care iniţial funcţionau pe

transformatorul de servicii interne de bloc și care s-au frînat în timpul scurtcircuitului, autopornesc pe aceeași alimentare. Schema echivalentă și diagramele fazoriale corespunzătoare s-au prezentat în figura 2.

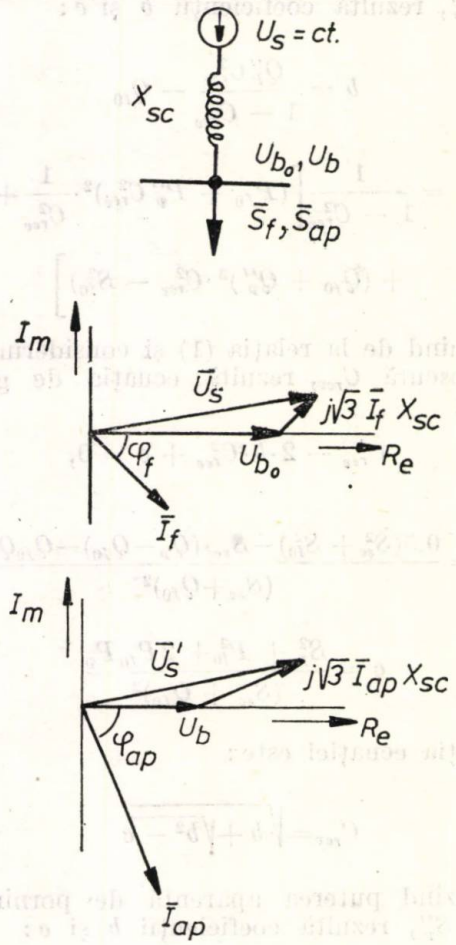


Fig. 2.

Se pot scrie următoarele relații:

$$\bar{U}_s = U_{b0} + j\sqrt{3}\cdot I_f\,(\cos\varphi_f - j\cdot\sin\varphi_f)\cdot X_{sc}$$

$$\bar{U}_s' = U_b + j\sqrt{3}\cdot I_{ap}(\cos\varphi_{ap} - j\cdot\sin\varphi_{ap})\cdot X_{sc}$$

Egalînd pătratele modulelor tensiunilor U_s și U_s', rezultă:

$$S_{sc}^2 + S_f^2 + 2S_{sc}\cdot S_f\cdot\sin\varphi_f - S_{sc}^2\cdot C_{rev}^2 - S_{ap}^2\frac{1}{C_{rev}^2} - 2S_{sc}\cdot S_{ap}\cdot\sin\varphi_{ap} = 0 \qquad (2)$$

Considerînd ca necunoscută S_{sc}, rezultă ecuația de gradul doi:

$$S_{sc}^2 - 2\cdot b\cdot S_{sc} - c = 0,$$

unde:

$$b = \frac{S_{ap}\sin\varphi_{ap} - S_f\sin\varphi_f}{1 - C_{rev}^2}$$

$$c = \frac{S_{ap}^2 - S_f^2\cdot C_{rev}^2}{C_{rev}^2\,(1 - C_{rev}^2)}$$

Soluția este:

$$S_{sc} = b + \sqrt{b^2 + c}$$

Utilizînd puterea aparentă de autopornire de calcul, rezultă pentru coeficienții b și c relațiile:

$$b = \frac{S_{ap}''\cdot C_{rev}^2\sin\varphi_{ap} - S_f\cdot\sin\varphi_f}{1 - C_{rev}^2}$$

$$c = \frac{S_{ap}''^2\cdot C_{rev}^2 - S_f^2}{1 - C_{rev}^2}$$

Pornind de la relația (2) și considerînd necunoscută C_{rev}, rezultă ecuația de gradul patru:

$$C_{rev}^4 - 2\cdot b\cdot C_{rev}^2 + c = 0,$$

unde:

$$b = \frac{S_f}{S_{sc}}\left(\sin\varphi_f + \frac{1}{2}\cdot\frac{S_f}{S_{sc}}\right) + \frac{1}{2} - \frac{S_{ap}}{S_{sc}}\sin\varphi_{ap}$$

$$c = \frac{S_{ap}^2}{S_{sc}^2}$$

Soluția este:

$$C_{rev} = \sqrt{b + \sqrt{b^2 - c}}$$

Utilizînd puterea aparentă de autopornire de calcul, rezultă:

$$C_{rev} = \sqrt{\frac{1 + 2\frac{S_f}{S_{sc}}\sin\varphi_f + \frac{S_f^2}{S_{sc}^2}}{1 + 2\frac{S_{ap}''}{S_{sc}}\sin\varphi_{ap} + \frac{S_{ap}''^2}{S_{sc}^2}}}$$

Considerînd curenții defazați la 90° în urma tensiunii, rezultă:

$$C_{rev} = \frac{S_{sc} + S_f}{S_{sc} + S_{ap}''}$$

sau:

$$S_{sc} = \frac{S_{ap}''\,C_{rev} - S_f}{1 - C_{rev}}$$

3. Exemplu de calcul și comparație cu rezultatele experimentale

La CTE Turceni, la blocul 2 de 330 MW, s-a efectuat pornirea motorului electropompei de alimentare pe transformatorul de pornire și rezervă de 40 MVA — 110/6 kV pe care era conectată sarcina serviciilor generale de $(4 + j3)$ MVA. Mărimile măsurate au fost următoarele:

$U_{b0} = 6300$ V

$U_b = 5121$ V

$I_p \quad 4342$ A

Puterea de scurtcircuit pe bare a fost de circa 260 MVA.

S-a considerat factorul de putere în momentul inițial pornirii 0,19 (din date de fabrică).

Datele necesare aplicării formulei pentru determinarea puterii de scurtcircuit pe bare sînt:

$$S_p = \sqrt{3} \cdot 5{,}121 \cdot 4{,}342 = 38{,}51 \text{ MVA}$$

$$P_p = 38{,}51 \cdot 0{,}19 = 7{,}3 \text{ MW}$$

$$Q_p = 38{,}51 \cdot \sqrt{1 - 0{,}19^2} = 37{,}8 \text{ MVAr}$$

$$S_{f0} = 5 \text{ MVA}$$

$$P_{f0} = 4 \text{ MW}$$

$$Q_{f0} = 3 \text{ MVAr}$$

$$C_{rev} = 5121/6300 = 0{,}813$$

Rezultă coeficienții:

$$b = 108{,}4$$

$$c = 7556{,}7$$

Puterea de scurtcircuit necesară va fi:

$$S = b + \sqrt{b^2 + c} = 247 \text{ MVA}$$

Pentru a ține seama de aproximațiile făcute la stabilirea formulelor se poate majora valoarea obținută cu circa 5%. Va rezulta o valoare apropiată de cea existentă în timpul probelor.

Concluzii

Cu ajutorul formulelor stabilite se poate calcula valoarea tensiunii pe barele de alimentare din momentul inițial al regimului de pornire sau de autopornire, valoare raportată la tensiunea pe bare din regimul staționar anterior. De asemenea, impunîndu-se o anumită pierdere de tensiune se poate calcula puterea de scurtcircuit necesară pe bare.

Formulele stabilite nu țin seama de valoarea și de faza tensiunii reziduale pe bare din momentul autopornirii.

(Primit la 25 martie 1982, acceptat la 19 iunie 1982)

Protecția mediului înconjurător și a instalațiilor energetice

Metodă de stabilire a preciziei de prelevare a probelor de cărbune cu prelevatoarele automate amplasate pe benzile de transportoare, în scopul determinării unor caracteristici energetice reale

Ing. **Viorica Neațu** și ing. **Lileta Gherghel***

1. Introducere

Buna cunoaștere a calității și cantității combustibililor utilizați în centralele termoelectrice este obligatorie pentru exploatarea economică a instalațiilor.

Un indicator principal care permite aprecierea funcționării economice a centralelor termoelectrice este consumul specific mediu de căldură.

Problemele legate de această evidență sînt cu atît mai importante, și în același timp mai dificile, cu cît cantitatea de combustibil consumat este mai mare și combustibilul are o putere calorifică mai mică și variabilă în timp (cărbune cu conținut mare de cenușă și putere calorifică mică). Calculele consumului specific pentru o centrală de mare putere (Rovinari, Turceni, Anina), ce utilizează ligniți din bazinul Oltenia, respectiv șisturi, este o problemă dificilă deoarece este necesar a se stabili cît mai exact calitatea combustibilului utilizat pentru un consum orar foarte mare.

În scopul caracterizării cît mai corecte a cărbunilor este necesară punerea la punct a tehnicii de formare a probelor de laborator destinate analizării lor, prin utilizarea unor sisteme mecanice de prelevare reprezentativă de pe bandă a acestora, sfărîmarea, omogenizarea și sfertuirea lor.

Cărbunele este unul din materialele cele mai greu de prelevat datorită eterogenității compoziției lui. De aceea, pentru obținerea unor probe reprezentative pentru un lot întreg, trebuie concepută o metodă corespunzătoare de prelevare.

Pentru ca în final proba de cărbune analizată în laborator să reprezinte masa cărbunoasă nominalizată prin lot, tehnologia de prelevare a probelor elementare, intervalul între două prelevări consecutive, mărimea probei reprezentative și dimensionările utilajului trebuie să asigure gradul de precizie dorit.

Lucrarea de față propune o metodă de stabilire a fidelității aparatelor automate de prelevare cărbune și, funcție de acest criteriu și de precizia dorită, și a frecvenței de prelevare. În acest scop condițiile urmărite sînt:

1) locul de prelevare să fie ales astfel încît distanța la punctul de încărcare pe bandă să

* Autoarele lucrează la ICEMENERG.

nu introducă o segregare a materialului cărbunos :

2) cupa să fie corect calculată ca dimensiuni, iar modul de prelevare să asigure păstrarea reprezentativităţii probei :

3) pregătirea probei să fie bine executată, deci sfertuirea să se facă reprezentativ şi să nu introducă segregarea materialului printr-o insuficientă omogenizare.

Prin însăşi caracteristicile fizice ale cărbunelui energetic, pentru obţinerea unei prelevări corecte, indiferent de metoda aplicată, trebuie să se ia în consideraţie numărul şi greutatea probelor elementare, precum şi precizia aparatelor automate de prelevare şi pregătire a probelor.

2. Metoda de stabilire a preciziei de prelevare

Ţinînd seama de cele menţionate s-a făcut alegerea procedeului de prelevare şi a metodei de stabilire a fidelităţii.

Instalaţia automată cu care s-au efectuat experimentările este compusă dintr-un ansamblu de prelevare tip cupă, un ansamblu de mărunţire şi sfertuire în scopul formării probelor elementare (C_1) şi un sistem de returnare a surplusului probelor de cărbune pe banda transportoare (C_2). Sistemul este construit în conformitate cu standardele în vigoare (1372/70, 1308/65 ş.a.).

Metoda pentru stabilirea preciziei prelevării complexe a cărbunelui constă dintr-o prelevare aleatoare în timp a probelor elementare de cărbune. Perechile de probe elementare sînt prelevate concomitent prin două metode : manual cu şabloanele (A şi B) şi automat cu cupa (C 1 şi C 2).

Prelucrarea (mărunţirea şi sfertuirea) probelor elementare prelevate în scopul realizării unor probe de laborator de masă şi granulaţie indicată în STAS 1372/70, s-a făcut manual, pentru probele elementare prelevate manual cu şablonul şi automat cu concasorul şi sfertuitorul instalaţiei automate, pentru probele prelevate automat cu cupa.

Analiza în laborator a caracteristicilor energetice (umiditate, cenuşă, putere calorifică) şi analiza elementară, sînt făcute pentru fiecare probă elementară, conform standardelor în vigoare : 5264/76 ; 5265/76 ; 5269/77.

Prelucrarea statistico-matematică a datelor obţinute în laborator pentru umiditate, cenuşă, putere calorică şi altele, s-a făcut după gradele de libertate de segregare datorate : prelevării aleatorie în timp, locului de amplasare a instalaţiei automate, sfertuirii şi erorii de analiză în laborator, conform standardelor în vigoare confirmate şi de literatura de specialitate /1—5/.

Au fost luate în considerare patru moduri de prelevare : manual cu şablonul „A”,

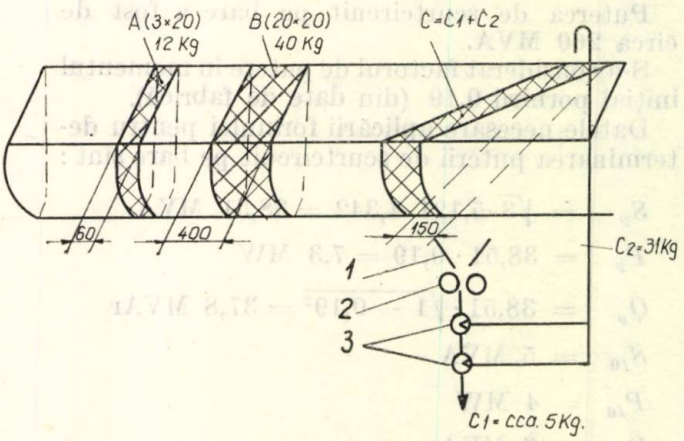


Fig. 1. Principiul de prelevare a cărbunilor de pe bandă, pentru stabilirea fidelităţii instalaţiei automate :

1 — pîlnie de colectare a lui $C_1 + C_2$ prelevat cu cupă ; 2 — moară cu cupă ; 3 — sfertuitor.

Dimensiunile şabloanelor sînt :

A = 3 × 20mm (mărimea granulei pe bandă) = 60 mm

B = 20 × 20mm (mărimea granulei pe bandă) = 400 mm

Greutatea probei prelevate

circa 12 kg = A
circa 40 kg = B
circa 5 kg = C_1
circa 31 kg = C_2

manual cu şablonul mare „B”, automat cu cupa prin sfărîmare-sfertuire şi formarea probei de laborator „$C1$” şi automat cu cupa prin sfărîmare-sfertuire returnat pe bandă”$C2$” (fig. 1). A fost ales acest mod de prelevare pentru ca din calculul gradului de segregare al populaţiei „A” faţă de „B” să se stabilească caracteristicile medii cele mai apropiate de realitate ale cărbunilor de pe bandă, din calculul gradului de segregare a lui $C1$ şi $C2$ faţă de B să se obţină fidelitatea prelevării automate, iar din calculul gradului de segregare al lui $C1$ faţă de $C2$ să se verifice instalaţia de sfertuire cărbune a prelevatorului automat.

În figura 3 este exemplificat calculul grafic al preciziei pentru una din caracteristicile energetice — cenuşa — determinată pentru cărbunele prelevat conform metodei arătate şi care are la bază reprezentarea sumei gradelor de libertate concretizată prin gradul total de dispersie „S_T^2”.

Limita de precizie admisă în STAS 5265/76 pentru cenuşă este de 1/30 din media rezultatelor, ceea ce duce la o precizie a puterii calorice de circa 2—3% pentru cărbunii de 1700, respectiv 1500 kcal/kg. În literatura de specialitate restricţia privind precizia este mai mare, de 1/10 din media rezultatelor — ASTM-D-2234-72. Discuţia preciziilor calculate pentru cenuşă se face între cele două limite.

Deoarece precizia de prelevare depinde de numărul probelor elementare prelevate, deci de frecvenţa de prelevare, se poate proceda la corecţii în limite destul de restrînse, prin mărirea frecvenţei de prelevare.

Acest sistem poate fi utilizat pentru toate tipurile de prelevări mecanice, prelucrarea sta-

tistică putîndu-se face pentru toate tipurile de analize de laborator necesare caracterizării energetice a combustibililor solizi.

3. Prelucrarea statistico-matematică a datelor pentru obținerea preciziei prelevării

3.1. *Breviar de calcul* [3, 4, 5]

În calculul preciziei trebuie luate în considerație gradele de libertate privind conținutul de cenușă și puterea calorică ale celor patru serii de probe A, B, C1, C2 calculate cu formula:

— *Gradul de libertate privind media probelor „S^2"*

$$S^2 = (\Sigma x^2 - (\Sigma x)^2/n)/(n-1), \qquad (1)$$

în care: Σx^2 este suma pătratelor rezultatelor;
$(\Sigma x)^2$ — pătratul sumei rezultatelor;
n — numărul rezultatelor.

— *Gradul de libertate de prelevare aleatoare* „S_r^2":

$$S_r^2 = [W_1 W_2 (S_A^2 - S_B^2)]/(W_2 - W_1), \qquad (2)$$

în care:
W_1 este greutatea medie a probelor „A" (în g):
W_2 — greutatea medie a probelor „B" (în kg);
S_A^2 — dispersia probelor „A";
S_B^2 — dispersia probelor „B".

— *Gradul de segregare a materialului prelucrat* „S_s" (măcinare+sfertuire la proba de laborator)

$$S_S^2 = S_B^2 - S_r^2/W_2 \qquad (3)$$

Pentru determinarea gradului de libertate total S_T^2 necesar determinării preciziei trebuie calculat și *gradul de libertate maxim probabil* S_0^2 și *gradul de libertate al divizării și a metodei de analiză în laborator* S_{da}^2.

$$S_0^2 = F[(S_A^2 + S_B^2)/2], \qquad (4)$$

în care

F este un factor tabelat care ține cont de numărul probelor elementare dintr-un set [1].

Determinarea dispersiei totale S_T^2 se poate face în două variante:

1 — grafic, ținînd cont de dispersia prelevării aleatoare S_r^2, dispersia de segregare a materialului prelucrat S_s^2 și greutățile medii ale perechilor de seturi, conform figurii 2;

2 — analitic, luînd în calcul valorile obținute pentru gradul de libertate al segregării materialului prelucrat și al metodei de analiză în laborator „S_{da}^2" (*gradul de libertate privind precizia analizei*)

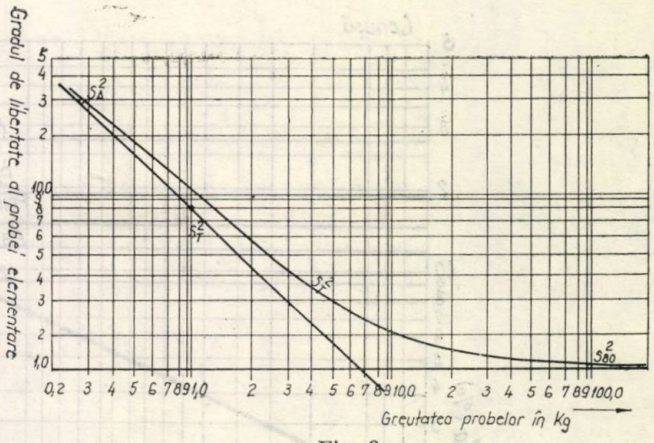


Fig. 2

$$S_{da}^2 = [\Sigma x^2 - (\Sigma x)^2/4]/3 \qquad (5)$$

în care:
$(\Sigma x)^2$ este pătratul sumei a patru determinări pentru fiecare probă elementară, executată în paralel în două laboratoare;
Σx^2 — suma patratelor celor patru determinări individuale pentru fiecare probă elementară.

În această lucrare se propune utilizarea celei de a doua variante de determinare a lui S_T^2, conform relației:

$$(S_T^2 = [(S_0^2 - S_{da}^2)/N_G \times N_T] + (S_{da}^2/N_G \cdot P) \qquad (6)$$

în care:
N_G reprezintă numărul probelor brute;
N_T — numărul probelor elementare ce formează proba brută;
P — numărul probelor de analizat pregătite din aceeași probă brută.

Determinarea preciziei se face grafic funcție de S_T^2 obținut cu eroare de $\pm 1/10$ din valoarea medie, pentru cazul în care s-au luat în calcul cenușile și ± 50 kcal/kg, pentru cazul în care s-au luat în calcul puterile calorice, aceasta pentru 95% din cazuri (fig. 3).

Ca urmare a acestei analize complexe se pot determina punctele din ansamblul de prelevare-măcinare, sfertuire-analiză, care introduc erori de segregare. Depistarea acestor erori dă posibilitatea stabilirii concrete a modificărilor ce necesită a fi operate ansamblului sau subansamblelor în scopul obținerii unor probe reprezentative.

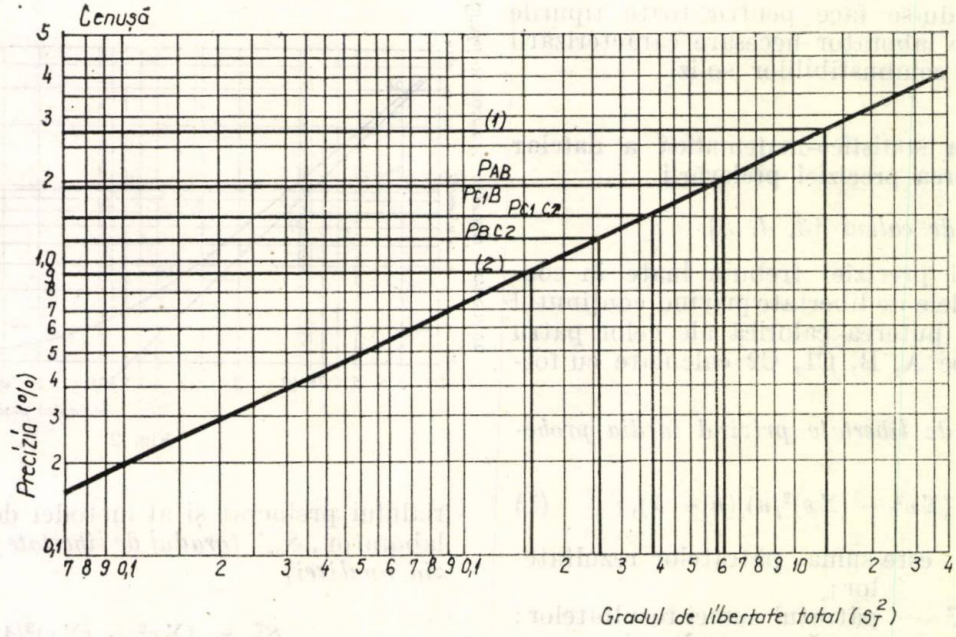


Fig. 3 Convertirea preciziei în grade de libertate. Notă. Precizia la cenușă este 1/10 din valoarea medie (%) sau 1/30 din valoarea medie conform STAS 5265—76 (2) și conform ASTM D—2234—72 (1).

4. Calculul pentru determinarea preciziei

Se consideră patru probe brute obținute din prelevarea prin cele patru metode: „*A*", „*B*", „*C1*" și „*C2*", fiecare dintre ele formate din 33 probe elementare obținute în sistem aleator prin prelevări la ore și zile diferite.

Se calculează pentru valorile cenușilor la inițial A_i ale probelor recoltate din cărbunele ce alimentează CET Işalnița.

Pentru cele 33 probe elementare valorile lui S_A^2, S_B^2, S_{C1}^2, S_{C2}^2 sînt conform (1):

$$S_A^2 = 16{,}7433,$$
$$S_B^2 = 16{,}1359,$$
$$S_{C1}^2 = 34{,}9724,$$
$$S_{C2}^2 = 13{,}3063.$$

Dispersia aleatoare S_r^2 și de segregare S_s^2 se calculează pentru perechile de probe brute $A - B$, $C_1 - B$, $C_1 - C_2$, $B - C_2$, conform relațiilor (2) și (3).

Pentru calculul gradului de libertate S_{da}^2 se fac patru determinări de cenușă pentru fiecare probă elementară, determinîndu-se astfel conform relațiilor (5) și (6):

$S_{da}^2\, AB = 1{,}5423$ $S_T^2\, AB = 0{,}5439,$

$S_{da}^2\, C_1B = 1{,}3517$ $S_T^2\, C_1B = 0{,}5967,$

$S_{da}^2\, BC_2 = 0{,}5591$ $S_T^2\, B - C_2 = 0{,}2917,$

$S_{da}\, C_1C_2 = 1{,}0788$ $S_T^2\, C_1C_2 = 0{,}5175,$

Cu aceste valori ale lui S_T^2 se determină grafic (fig. 3) precizia prelevării, obținîndu-se:

$$P_{AB} = 1{,}9;\ P_{C_1B} = 1{,}9;\ P_{BC_2} = 1{,}3;\ P_{C_1C_2} = 1{,}7.$$

Reluînd calculul pentru valorile puterilor calorice inferioare se determină:

$$P_{AB} = 2{,}35;\ P_{C_1B} = 2{,}4;\ P_{BC_2} = 1{,}4;\ P_{C_1C_2} = 2{,}00,$$

valori puțin mărite față de cele obținute pentru cenuși, dar respectînd aceeași proporție:

$$P_{AB} \cong P_{C_1B} > P_{C_1C_2} > P_{BC_2}.$$

Concluzii

În concluzie, dispersia totală „S_T^2" indică segregarea ce apare în întreg sistemul prelevare-preparare cărbune (măcinare, sfertuire) și analiză în laborator.

El poate fi un criteriu în aprecierea corectitudinii funcționării fidelității aparatelor sau procedeelor folosite în acest complex de operații ce urmărește cărbunele din flux pe bandă, pînă la analiză în laborator.

Avantajul metodei prezentate în acest articol constă în faptul că operațiile pot fi urmărite, din punctul de vedere al preciziei de lucru, și separat.

Astfel, pentru stabilirea corectitudinii metodei de prelevare și a aparatelor folosite în acest scop se vor analiza gradele de libertate „S_T^2" calculate pentru perechile AB, $C1B1$, $BC2$, $C1C2$.

Pentru a determina dacă operaţiile de măcinare şi sfertuire a probelor introduc erori, se compară gradele de segregare „S_S^2" ale acelorași perechi de probe, alegîndu-se varianta optimă.

Ultima etapă, de analiză în laborator, este caracterizată, din punctul de vedere al preciziei metodei şi al modului de lucru, de parametrul „S_{da}^2", concluziile fiind tot o urmare a analizei comparative a rezultatelor obţinute pe acest grad de libertate în cazul celor patru perechi de probe.

Global aceste segregări pot fi urmărite în analiza gradului de dispersii total „S_T^2" şi a preciziei obţinute funcţie de el.

În urma acestei analize a reieşit, după cum era de aşteptat, că prelevarea cu şablonul mare „B" este mai reprezentativă decît cea cu şablonul mic „A", datorită dimensiunilor reduse ale acestuia din urmă, cu care se prelevează selectiv. Caracteristicile energetice ale probelor prelevate cu şablonul „B" sînt cele mai apropiate de calitatea reală a cărbunilor studiaţi, ele constituind criteriul de comparaţie.

De asemenea, se constată că analizînd şi ceilalţi parametri (S_T^2, S_S^2, S_{da}^2) se pot depista alte eventuale surse de erori la prelevare, preparare cărbune sau analiză.

Astfel, o proiectare necorespunzătoare a sfertuitorului este depistată în momentul în care returnatul „C_2" al cărbunelui sfertuit este diferit calitativ de seria probelor „C_1" destinate laboratorului.

Din analiza statistică a seriei de probe „$C1$" şi „$C2$" rezultă dacă sfertuirea a fost făcută corect şi materialul bine omogenizat. În cazul în care, din diferite vicii constructive, a fost evacuat măruntul spre returnare pe bandă („$C2$") şi au fost reţinuţi bulgării spre analiză în laborator („$C1$"), se obţine o imagine greşită asupra calităţii cărbunelui intrat în centrală, în neconcordanţă cu consumul specific şi randamentul cazanelor.

Este indicat ca „$C1$" şi „$C2$" să aibă valori cît mai apropiate între ele şi amîndouă să fie cît mai apropiate de valorile date de seria „B", pentru a avea siguranţa că instalaţia automată prelevează şi prelucrează cărbunele pentru proba de laborator în mod reprezentativ.

În concluzie, aplicînd această metodă de determinare a preciziei de prelevare se poate verifica mărimea abaterilor introduse de dispozitivul mecanic de prelevare în comparaţie cu prelevarea manuală executată conform prevederilor STAS-urilor în vigoare şi care poate fi considerată etalon.

Astfel metoda se constituie ca un punct de plecare în domeniul studiului matematic, al determinării preciziei prelevării şi preparării complexe a cărbunelui, depistîndu-se punctele slabe din sistem ce introduc orice tip de segregare şi oferind soluţii de îmbunătăţire a acestuia.

Bibliografie

[1] * * * A S T M D 2234—72.
[2] * * * A S T M D 2013—72.
[3] * * * S T A S 2631—72. *Statistică matematică. Terminologie şi simboluri.*
[4] * * * S T A S 1839—72. *Teoria probabilităţilor. Terminologie şi simboluri.*
[5] G l u c k, A. *Metodele matematice în industria chimică. Editura tehnică, 1971.*
[6] * * * I S O—1988—1975, *Franţa.*

(Primit la 30 iulie 1982, acceptat la 13 noiembrie 1982)

Din experienţa de exploatare

Asupra posibilităţilor de reducere a consumurilor energetice şi de valorificare superioară a resurselor energetice secundare din sectoarele de exploatare şi industrializare a lemnului cu referire la IFET Suceava

Ing. **R. Sfichi**, ing. **Ol. Reziuc**, ing. **S. Blumenfeld** şi ing. **D. Moruz***

Generalităţi

Începînd din anii 1979—1980, IRE Suceava, elaborează studii de bilanţ energetic respectiv bilanţuri energetice, la marii consumatori industriali din raza sa de activitate, în cadrul unui colectiv de proiectare profilat pe probleme de energetică industrială.

Ideea de bază, privind elaborarea acestor studii de energetică industrială, a vizat în primul rînd o abordare sistemică a întregului ansamblu de probleme ce se pun în legătură cu economisirea combustibililor şi energiei pe ramuri industriale, din judeţele în care IRE îşi desfăşoară activitatea, cu accent pe rezervele de economisire pe care le oferă îmbunătăţirea şi modernizarea tehnologiilor de lucru şi, în al doilea rînd, stabilirea unor planuri de măsuri

* Primii trei autori sînt ingineri proiectanţi în cadrul IRE Suceava, iar ultimul este inginer la IFET Suceava.

etapizate ca materializare, care să ducă la realizări radicale în legătură cu valorificarea tuturor posibilităţilor de economisire a combustibililor şi energiei.

O astfel de analiză complexă, care a implicat cu deosebire specialiştii tehnologi în elaborarea unui studiu de energetică industrială, l-a constituit, în judeţele Suceava şi Botoşani, cea care s-a referit la consumul de energie în domeniul exploatării şi industrializării lemnului — sector în care-şi desfăşoară activitatea Intreprinderea Forestieră de Exploatare şi Transport (IFET).

Este de reţinut faptul că eficienţa unui asemenea studiu se bazează pe o amplă documentare în domeniul tehnologiilor consumatoare, care include nu numai consumatorul în cauză, dar şi ceilalţi factori, îndeosebi cei de concepţie, cercetare şi proiectare tehnologică ,cu rol decisiv în orientarea energo-tehnologică a sectorului investigat.

Pentru cazul respectiv documentarea s-a făcut la institutul de specialitate (ICPIL Bucureşti), Universitatea Braşov, Centrala de exploatarea lemnului Bucureşti, MILMC şi unii furnizori de utilaje forestiere (IUPS Reghin, IUPS Sibiu ş.a.).

1. Elemente de bază privind tehnologiile consumatoare de energie din cadrul IFET Suceava

1.1. *Organizarea IFET Suceava — date generale*

IFET Suceava are ca scop valorificarea masei lemnoase de pe circa 490 mii ha pădure din judeţele Suceava şi Botoşani (circa 450 mii ha în judeţul Suceava).

Din această masă lemnoasă, răşinoasele deţin o pondere de 75—80%.

Activitatea IFET Suceava se realizează prin :

— sectoare de exploatare : 22 unităţi ;
— activitatea de transport : 4 autobaze ;
— secţii de industrializare : 17 unităţi.

În cadrul UMTCF care coordonează activitatea celor 4 autobaze, mai există un sector de construcţii drumuri forestiere, un atelier central şi o secţie de producţie industrială.

Este de menţionat că IFET Suceava deţine o pondere de 12—13% din producţia Centralei de exploatare a lemnului (CEL)din cadrul MILMC, pe întreaga ţară, iar la nivelul jud. Suceava, împreună cu Combinatul de prelucrare a lemnului (CPL), reprezintă al doilea mare consumator ca importanţă economică şi consum de energie electrică, după Combinatul minier.

1.2. *Procese tehnologice (operaţii tehnologice)*

1.2.1. Activitatea de exploatare

Operaţiile de doborîre a arborilor, de adunare, de scos-apropiat se execută, în marea lor majoritate, mecanizat (circa 90%), folosindu-se, totuşi, şi atelaje cu animale de tracţiune.

Celelalte operaţii de fasonare, secţionare, sortare şi preindustrializare, în centrele de sortare — preindustrializare, se execută, de asemenea, mecanizat, folosindu-se utilaje acţionate cu motoare cu ardere internă (DRUJBA, IFRON, funiculare etc.), gradul de electrificare fiind încă redus.

În cadrul IFET Suceava se exploatează anual circa 2 milioane m^3 masă lemnoasă. Principalele sortimente de masă lemnoasă produsă în parchetele de exploatare şi centrele de sortare — preindustrializare sînt : lemn gaterabil, lemn de celuloză decojit, lemn de mină, lobde PAL şi PFL, lemn de foc, snopi de crengi pentru PAL, coajă pentru compost şi alte categorii de lemn mărunt.

1.2.2. Activitatea de transport

Autovehiculele coloanelor auto (circa 400 buc) efectuează transporturile între platformele primare, centrele de sortare — preindustrializare, secţiile de industrializarea lemnului (SIL) şi beneficiarii din zonă pentru semiproduse (tocătură şi rumeguş).

În cadrul a două SIL-uri, o parte din transporturi se execută pe cale ferată forestieră (CFF) (există circa 120 km de cale ferată şi 4 locomotive cu garniturile aferente). Se precizează, însă, că în relaţiile cu exteriorul (celelalte judeţe), transporturile se realizează prin CFR. În prezent nu se mai practică plutăritul.

1.2.3. Activitatea de industrie

În cadrul SIL-urilor se realizează o gamă largă de produse finite şi semifabricate, cum ar fi : cherestea de răşinoase şi foioase, uşi — ferestre, lăzi de diverse tipuri, panouri, talaj, tamburi pentru cabluri, frize pentru parchete şi mobilă de bucătărie. SIL-urile se diferenţiază între ele prin mărime, număr de sortimente de produse şi prin gradul de dotare şi utilare tehnologică.

2. Surse şi resurse energetice

2.1. *Structura consumului energetic actual*

Unităţile de exploatare, transport şi industrializare ale IFET Suceava, consumă în procesul de producţie energie electrică (primită din SEN şi produsă în centralele proprii), energie termică (din centralele termice proprii şi primită de la PAL Fălticeni) şi combustibili fosili (benzină, motorină, cărbune etc.).

Cantitatea totală de energie transformată în t c.c. consumată anual în cadrul IFET Suceava este de cca. 45 500, din care : 5 000 t c.c. în activitatea de exploatare, 15 300 t c.c. în activitatea de transport şi 25 200 t c.c. în activitatea de industrializare.

Energia electrică consumată în cadrul IFET Suceava reprezintă numai 5,9%, combustibilii fosili — 49,3%, iar restul de 38,2% reprezintă resurse energetice proprii (rumeguș, praf de lemn și lemn mărunt).

Energia termică achiziționată la SIL Fălticeni de la PAL Fălticeni (subordonată CPL Suceava) reprezintă 6,6% din energia totală consumată în cadrul IFET-ului.

2.2. *Producerea de energie electrică și termică în centralele proprii*

Majoritatea SIL-urilor din cadrul IFET Suceava sînt dotate cu cazane de abur cu durate de serviciu avînd în general peste 25 ani și care acționează fie mașini de forță (stabile și semistabile) cuplate cu alternatoare, fie mașini de forță cuplate mecanic cu linii de gatere sau livrează direct abur pentru procese tehnologice (uscare și aburire cherestea de fag) sau pentru încălzire.

Combustibilul folosit la aceste cazane îl constituie rumegușul și deșeurile de lemn rezultate din procesul tehnologic al debitării lemnului, iar randamentele totale sînt reduse circa 10—15%, deoarece nu există instalații de preîncălzire a apei, a aerului și chiar a combustibilului (preuscare).

Nu se recuperează energia termică conținută în aburul uzat de la ieșirea din mașinile de forță, de la aburitoare, din apa de răcire a condensatoarelor și din gazele de ardere.

Pe aceste căi se pierde (se elimină) peste 60% din energia conținută în rumegușul și deșeurile de lemn arse.

Din centralele electrice proprii se acoperă doar 25—30% din consumul total de energie electrică a IFET Suceava și aceasta este folosită, în general, pentru acționarea electrică a liniilor tehnologice de gatere.

Restul consumului se preia din sistem, iar actualele instalații electrice de distribuție nu permit o elasticitate suficientă pentru preluarea de către grupurile proprii a unor consumători suplimentari.

Energia termică necesară este asigurată la toate SIL-urile (cu excepția SIL Fălticeni), din centrale termice proprii.

2.3. *Balanța resurselor energetice secundare*

În cadrul unităților IFET Suceava rezultă din procesul de producție o cantitate de aproximativ de 127 mii tone anual, de rumeguș din lemn, deșeuri din lemn, praf și talaj, din care:

— 78 mii tone (61,4%) se folosesc drept combustibil în centralele proprii IFET;

— 41 mii tone (32,3%) se folosesc ca materie primă pentru stratificate (PAL Fălticeni și terți socialiști):

— 8 mii tone (6,3%) se vînd la populație.

Rumegușul și deșeurile de lemn folosite drept combustibil sînt echivalente cu 25.900 t c.c./an.

Din arderea cantității de 78 mii tone rumeguș și deșeuri de lemn, anual, în cazanele centralelor ($\eta = 48\%$) rezultă o cantitate de energie conținută în abur de circa 100 mii MWh anual.

Din această cantitate de abur, circa 78% se consumă direct (sub formă de abur viu) pentru operațiile tehnologice de uscat și aburit cherestea, precum și pentru încălzit spații de producție pe timp de iarnă, iar restul de circa 22% se folosește cu randament de circa 24% (mașini de abur cu piston, transmisii, alternatoare) la producerea de energie electrică, rezultînd o producție anuală de energie electrică de aproximativ 5250 MWh.

Din cele prezentate mai sus rezultă un randament global de transformare a energiei calorice conținute în rumeguș și alte deșeuri lemnoase, în energie electrică de numai $0,48 \times 0,24 = 0,115$, adică de circa 11,5%.

Constatările făcute impun, evident, critica situației actuale și investigarea posibilităților de optimizare a producției și consumului de energie în unitățile IFET.

3. Analiza critică a tehnologiilor actuale

3.1. *Activitatea de exploatare*

În ultimii ani datorită calamităților naturale (doborîturi de vînt), exploatarea masei lemnoase s-a axat pe acest produs (lemnul doborît de vînt constituind peste 90% din totalul masei lemnoase exploatate). Această situație nu a permis exploatarea după metoda nordică și, respectiv, metoda de tăiere organizată, care se bazează pe o exploatare rațională și economică a masei lemnoase.

Gama de utilaje folosite în această activitate (motoferăstraie, funiculare, motoîncărcătoare IFRON etc.) este încă redusă și în multe cazuri nu este corespunzătoare operațiilor pe care le execută. Materialul mărunt rezultat este transportat sub formă de snopi (neeconomic) și în mare parte este abandonat în pădure. Centrele de sortare — preindustrializare nu sînt modernizate integral, iar dotarea celor modernizate este încă insuficientă.

3.2. *Activitatea de transporturi*

Autovehiculele utilizate sînt, în general, de capacități mici și circa 50% folosesc drept combustibil benzina. Majoritatea curselor retur se efectuează în gol; dotarea autobazelor cu aparatură pentru reparații și testări este încă insuficientă.

Drumurile forestiere sînt încă insuficiente, neconsolidate și inapte pentru preluarea unui trafic cu autovehicule de mare capacitate.

De asemenea, parcările nu se fac totdeauna în apropierea punctelor de lucru iar alimentarea cu carburanți se face încă manual.

3.3. *Activitatea de industrializare*

Gaterele (mașini de lucru de bază) sînt vechi, supradimensionate față de caracteristicile geometrice actuale ale masei lemnoase și sînt acționate, în cele mai frecvente cazuri, cu motoare electrice supradimensionate. Principalele neajunsuri în tehnologia industrializării lemnului în unitățile IFET sînt:

— evacuarea rumegușului de la gatere se face cu exhaustoare cu consumuri energetice ridicate;

— tocătoarele de deșeuri sînt supradimensionate și exploatate nerațional;

— la fabricile de lăzi și binale se practică exhaustarea centralizată cu evacuarea în exterior a aerului;

— preuscarea naturală a cherestelei în depozite este încă insuficient folosită;

— uscarea și aburirea cherestelei de fag se efectuează fără o conducere bazată pe măsurători făcute cu aparatură adecvată;

— la uscare și aburire se folosește abur viu în loc de apă caldă sau supraîncălzită;

— sculele tăietoare (aschietoare) sînt de slabă calitate și se ascut la intervale de timp nejudicios alese.

3.4. *Diverse*

— Contorizarea energiei electrice pe secții și grupe de mașini este încă insuficientă;

— pe partea termică nu există aparate de măsură a debitelor de abur și respectiv contorizarea energiei termice;

— există cabluri de energie (mai ales cele de plecare din tablourile generale de distribuție) slab dimensionate;

— la utilajele importante care au o încărcare variabilă nu există limitatoare de mers în gol;

— nu există în cadrul IFET o formație de lucru cu caracter energetic pentru menținerea instalațiilor la un minim tehnic și efectuarea lucrărilor de reparații și întreținere;

— din totalul electricienilor angajați în unitățile IFET numai un număr redus sînt autorizați prin examene de întreprinderea furnizoare de energie electrică.

4. Tendințe și direcții actuale în vederea utilizării raționale a energiei

4.1. *Tendințe privind tehnologiile folosite*

Investigațiile făcute dovedesc necesitatea promovării în activitatea de exploatare a unor noi tipuri de utilaje mai economice sub aspectul consumurilor energetice, din țară, cum ar fi:

— tractoare ușoare (U 455 DTE/F cu trolii, U 445 TBH/F cu braț și clește, U — PIF/F cu pneuri pentru zone mlăștinose);

— încărcătoare COLINA-5 cu raifer și clește, încărcătoare cu braț frontal de 1 t pentru lemn mărunt;

— funiculare de diverse capacități;

— motoferăstraie ergonomice tip FM-50 și FM-80;

— tocătoare mici la platformele primare (CSP) pentru tocarea întregului volum de lemn mărunt și transportul containerizat al acestuia la SIL-uri în vederea folosirii în scopuri energetice (drept combustibil).

În activitatea de transport se impune:

— extinderea folosirii de autotrenuri forestiere de mare capacitate introduse în fabricație de serie la Uzina mecanică Mîrșa, corelat cu consolidarea unor porțiuni de drumuri forestiere;

— creșterea gradului de dieselizare a parcului auto;

— dotarea autovehiculelor de transport forestier cu tohografe;

— completarea dotărilor autobazelor cu aparate și dispozitive de testat și reglat motoare termice;

— cooperarea cu alte întreprinderi pentru reducerea numărului de curse retur în gol.

În activitatea de industrializare apare ca oportună adoptarea următoarelor măsuri principale:

— înlocuirea eșalonată a gaterelor ce prezintă un grad avansat de uzură și care sînt supradimensionate în raport cu dimensiunile medii ale bușteniilor;

— folosirea de pînze tăietoare subțiri;

— evacuarea rumegușului numai cu benzi transportoare la halele de gatere;

— înlocuirea motoarelor electrice supradimensionate pentru acționarea gaterelor;

— automatizarea uscătoarelor și aburitoarelor de cherestea de la SIL-uri;

— creșterea procentului de prefabricate livrate fabricilor de mobilă sau binale;

— modernizarea fabricilor de binale prin dotarea acestora cu noi sisteme de mașini;

— trecerea la exhaustarea locală pe grupe de mașini sau individuală cu filtrarea și reciclarea aerului.

4.2. *Tendințe și măsuri privind utilizarea superioară a resurselor energetice secundare*

Ultimele cercetări pe plan mondial pun în evidență faptul că este mult mai economică utilizarea rumegușului la locul de producere în scopuri energetice decît transportul acestuia la distanțe mari, indiferent cu ce mijloace, și utilizarea lui în scopuri industriale.

În prezent, în țara noastră, sînt proiectate și executate sub formă de prototip, cazane funcționînd pe rumeguș și alte deșeuri lemnoase de 4,5 tone abur/oră la 16 atm, 320° (ICMA Cluj-Napoca) care pot antrena turbine cu contrapresiune și alternatoare de 200 kVA

cu livrare de abur uzat la presiunea de 3 ± 1 atm, 120—130°C (Intreprinderea METALICA Bucureşti). Randamentul acestor instalaţii este cel puţin dublu faţă de actualele instalaţii aflate în funcţiune la SIL-uri.

Avantajele acestor turbogrupuri constau în:

— producerea simultană de energie electrică şi termică la parametrii necesari SIL-urilor;

— randament superior datorită dotării cazanelor cu preîncălzitoare de aer şi apă;

— condensul este returnat în cazan cu o entalpie mult superioară celei a apei reci.

Montarea unor astfel de cazane în cadrul SIL-urilor aparţinînd IFET Suceava, va permite utilizarea eficientă şi raţională a resurselor energetice secundare existente şi atragerea în balanţa energetică a unor cantităţi suplimentare de deşeuri lemnoase din cadrul unităţilor de exploatare, astăzi nefolosite.

Prin montarea în actualul cincinal a numai 14 astfel de turbogrupuri, IFET Suceava va putea să-şi asigure integral necesarul de energie electrică şi termică, iar în cincinalul următor (1986—1990), prin finalizarea acţiunii de montare a acestor turbogrupuri corelată cu asigurarea corespunzătoare a combustibilului-deşeu, aceeaşi întreprindere va putea să devină şi furnizor de energie electrică în reţeaua SEN (75 mii MWh/an) şi respectiv de energie termică (circa 45 mii Gcal/an).

Aşadar, cu aceeaşi cantitate de resurse energetice secundare IFET Suceava va putea deveni, din consumator de energie, un furnizor de energie electrică şi termică.

Este de menţionat că pînă la dotarea SIL-urilor cu astfel de agregate, se impune adoptarea unui plan de măsuri cu caracter imediat, care să aibă drept urmare creşterea randamentului de utilizare a resurselor energetice secundare, şi anume:

— preuscarea rumeguşului folosit drept combustibil prin instalaţii simple folosind căldura conţinută în aburul uzat sau în gazele de ardere, care în prezent se pierd în atmosferă; rumeguşul provenit în mod deosebit de la halele de gatere are o putere calorifică medie de circa 1700 kcal/kg, iar prin preuscare aceasta creşte la cel puţin 2000—2100 kcal/kg;

— preîncălzirea apei de alimentare a cazanelor folosind gazele arse;

— trecerea totală la încălzirea uscătoarelor şi încălzirea spaţială cu apă caldă în loc de abur, cunoscîndu-se că randamentul creşte cu circa 20%, iar instalaţiile se amortizează în circa 2—3 ani;

— modernizarea tablourilor generale de distribuţie a energiei electrice la toate SIL-urile dotate cu cazane — maşini de forţă, în aşa fel încît acestea să aibă cîte două bare la 0,4kV (una locală şi cealaltă a sistemului), care să permită preluarea pe bara de 0,4 kV locală a unor consumatori suplimentari la vîrful de seară, degrevînd în acest mod sarcina sistemului; această modernizare va permite ca în perioada pauzelor la gatere, maşinile de forţă să nu mai funcţioneze în gol, ci să preia o parte din consumul preluat din sistem.

4.3. *Folosirea altor resurse energetice locale*

Analiza făcută scoate în evidenţă faptul că IFET Suceava are uşoare posibilităţi de folosire intensivă a micropotenţialului hidroenergetic prin construirea de microhidrocentrale (MHC) pe cursurile apelor din zonele de activitate şi în apropierea punctelor de lucru din parchetele de exploatare şi centrale de sortare — preindustrializare.

În actualul cincinal, în sarcina IFET Suceava se înscrie construirea a cel puţin 37 MHC cu puteri unitare între 5—100 kW, însumînd o putere totală instalată de circa 1500 kW, care vor da o producţie anuală de energie electrică de circa 2400 MWh (la finele cincinalului).

Acţiunea de microhidroelectrificare se află în curs de realizare, primele MHC fiind deja puse în funcţiune.

În acelaşi context se înscrie şi utilizarea energiei solare. La SIL Frasin se află în funcţiune o instalaţie de captare a energiei solare pentru uscarea cherestelei, care dă rezultate satisfăcătoare, cu toate că timpul de însorire în zonă este destul de redus.

Energia solară combinată cu cea eoliană este larg folosită în cadrul depozitelor de cherestea ale IFET Suceava. Semnificativă în acest sens este noua platformă de depozitare a cherestelei de la SIL Fălticeni, care asigură uscarea a circa 8 000 m^3 cherestea anual.

Studiul prevede extinderea în acest cincinal a acestei acţiuni, care contribuie substanţial la reducerea consumului de energie termică în uscătoarele existente.

Concluzii

1. IFET Suceava este unul din cei mai importanţi consumatori de energie electrică şi termică din judeţul Suceava. Modernizarea actualelor tehnologii din sectorul forestier poate duce la reducerea substanţială a consumurilor energetice într-un interval de timp relativ scurt.

Măsurile preconizate vizează în special tehnologiile folosite în transportul şi pregătirea masei lemnoase pentru debitare, uscare şi prelucrarea cherestelei, precum şi pentru realizarea tocăturii din deşeuri de lemn.

Consumul intern de energie al IFET Suceava se va putea situa în anul 1985 la o cotă cu 12 150 t c.c. mai scăzută faţă de anul 1980. Pe total cincinal 1981—1985 se poate realiza o economie netă de 28 500 t c.c.

2. Principala mutaţie în balanţa energetică a IFET Suceava în cadrul procesului de moder-

nizare apare ca urmare a înlocuirii instalațiilor proprii de producere a energiei termice și electrice cu grupuri turbogeneratoare construite special pentru utilizarea superioară a rumegușului și deșeurilor de lemn drept combustibili. Transpunerea în practică a acestei măsuri va duce la transformarea IFET Suceava dintr-un mare consumator de energie într-un mare furnizor de energie (75 mii MWh/an și circa 45 mii Gcal/an) în etapa 1986—1990.

Aceste valori nu sînt de neglijat, ținînd seama că numai energia electrică preconizată a fi furnizată de IFET Suceava, repezintă circa 10% din consumul actual al județului Suceava.

Toate acestea dovedesc că generalizarea pe țară a acestor măsuri pentru toate unitățile similare aparținînd MEFMC, dispersate în teritoriu, pot și trebuie să aducă o contribuție importantă la realizarea independenței energetice a țării.

„INVENȚII—INOVAȚII"*

Metodă și dispozitive de supraveghere și comandă ale acționărilor electrice industriale cu motoare sincrone

Cerere de brevet : nr. 89333

Brevet R.S. România : nr. 71664

Autori : ing. Gheorghe Ijac (AZOMURES), dr. ing. Călin Mihăileanu (Institutul Central de Cercetări Energetice), dr. ing. Paul Mircea Diaconescu (Institutul Politehnic Iași), ing. Gheorghe Savitescu (Institutul Politehnic Iași), dr. ing. Dorin Marcel Potlog (ICEMENERG)

Titular : Institutul de cercetări și modernizări energetice București

Una din problemele care se pun în mod curent în fața consumatorilor industriali de energie electrică pentru asigurarea continuității în funcționare a proceselor tehnologice este menținerea în funcțiune a acționărilor electrice cu motoare sincrone la perturbații de scurtă durată ale tensiunii de alimentare.

Aceste perturbații (golurile de tensiune și microîntreruperile de tip pauză de AAR sau RAR) apar în mod inevitabil în orice rețea electrică, chiar la funcționarea corectă a automaticii. Efectele lor asupra motoarelor sincrone neprevăzute cu mijloace speciale constau (în funcție de reglajele protecțiilor și de caracteristicile perturbației) în două situații : menținerea în funcțiune în cazul în care perturbația nu a modificat mărimile de stare ale acționării astfel încît una din protecții să provoace deconectarea, sau în caz contrar, întreruperea alimentării.

Invenția se referă la o metodă de supraveghere a regimurilor sincrone și asincrone, cu sesizarea proceselor de ieșire din sincronism și a condițiilor de conectare a excitației pentru sincronizare sau resincronizare după trecerea în asincron precum și la unele dispozitive de sesizare a ieșirii din sincronism, a condițiilor de conectare a excitației și comandă a trecerii în asincron, respectiv a conectării excitației.

Se prezintă în continuare un exemplu de realizare a metodei, ilustrată în figurile 1—6, care reprezintă :

— figura 1, exemple de pendulări maxime la limita de stabilitate a aptitudinii de funcționare la goluri de tensiune a unei acționări motor sincron-mașină de lucru cu caracteristică centrifugală ;

— figura 2, domeniile unghiurilor electrice de mers sincron, mers în asincron și conectare a excitației pentru sincronizare sau resincronizare ;

— figura 3, schema electrică a unei acționări cu motor sincron cu două excitatrice montate pe ax și autotransformator de pornire ;

— figura 4, exemplu de schemă a circuitelor electrice după axa longitudinală d ;

— figura 5, schema electrică a unei acționări cu motor sincron, autotransformator de pornire și grup separat de excitație al cărui motor asincron de antrenare este alimentat din același transformator la care este conectată și sarcina asincronă a proceseului tehnologic respectiv ;

— figura 6, exemplu de schemă a circuitelor electrice după axa d, pentru acționarea din figura 5.

Conform metodei din invenție, se determină acele pendulări maxime de la limita de stabilitate caracterizate prin perechile de valori alunecare (s_{max})—unghi intern (θ_{max}), ce apar în diferite regimuri tranzitorii de șocuri de sarcină, goluri de tensiune sau microîntreruperi, variații ale tensiunii de excitație. În figura 1, perechile de valori menționate, cărora le corespund alunecări mai mici de doi pași polari, sînt cele corespunzătoare curbei notate cu *a*, iar celor cu alunecări de doi pași polari le corespunde curba notată cu *b*.

După determinarea acestor valori, se consideră regimuri de mers sincron acele regimuri în care pendulările mărimilor *s* și θ au valori mai mici decît aceste valori maxime, adică se aplică un criteriu de mers sincron de forma :

$$(s,\ \theta)_s \in [s_s\ x\Delta_s],$$

unde :

$$s_s = \{s/s < s_{max}\}\ ;\ \Delta_s = \{\theta/\theta < \theta_{max}\}.$$

Regimurile în care pendulările au valori mai mari decît cele maxime astfel determinate sînt în mod cert regimuri de mers în asincron, adică se aplică un criteriu de mers în asincron de forma :

$$(s,\ \theta)_{as} \in \overline{s_s} \cup \overline{\Delta_s},$$

unde :

$$\overline{s_s} = \{s/s_{max} < s < 1\}\ ;\ \overline{\Delta_s} = \{\theta/\theta > \theta_{max}\},$$

pentru cazurile în care nu se admit alunecări de doi pași polari ale rotorului față de cîmpul învîrtitor statoric și :

$$\overline{\Delta_s} = \{\theta/\theta > 360 + \theta_e\}\ ;\ \theta_{max} = 360 + \theta_e$$

pentru cazul cînd se admit alunecări de doi pași polari.

Grupul $(s,\ \theta)_e = (s'_{max},\ \theta_{max})$ constituie limita dintre regimurile sincrone și asincrone și definește începutul ieșirii din sincronism.

Pentru cazul în care se consideră posibilitatea desprinderii din sincronism cu sistemul într-un nod îndepărtat al acestuia se iau drept regimuri asincrone și situațiile în care frec-

* Rubrică întocmită de ing. Constantin Văideanu — ICEMENERG

venţa la barele de alimentare a motorului este mai mică decît cea normată, adică se aplică un criteriu de mers în asincron de forma :

$$(s,\ \theta)_{as} \in \overline{s_s} \cup \overline{\Delta_s} \cup \overline{f_s};\ \overline{f_s} = \{f/f < f_{min}\}.$$

În acest caz $(s,\ \theta\ ,f)_e = (s'_{max},\ f_{min})$ constituie limita dintre regimurile sincrone şi asincrone şi definesc începutul proceselor de ieşire din sincronism.

În funcţie de cazurile particulare la care se aplică metoda se consideră şi criteriile respective, particularizate din cel general, şi anume :

$$(s,\ f)_{as} \in \overline{s_s} \cup \overline{f_s};\ (\theta,\ f)_{as} \in \overline{\Delta_s} \cup \overline{f_s};\ \theta_{as} \in \overline{\Delta_s},$$

respectiv :

$$(s,\ f)_e = (s_{max},\ f_{min});\ (\theta,\ f)_e = (\theta_{max},\ f_{min});\ \theta_e = \theta_{max}.$$

În cazul cunoscut şi aplicat frecvent vom avea :

$$s_{as} \in \overline{s_s};\ s_e = s_{max}.$$

Pentru stabilirea condiţiilor de conectare a excitaţiei pentru sincronizare sau resincronizare se determină alunecarea la mers în asincron stabilizat (sau la sarcina respectivă de sincronizare sau resincronizare) şi a valorii unghiului intern de anticipare la care procesul de sincronizare se realizează cu pendulări minime ca număr şi amplitudine şi cu durata cea mai redusă. De asemenea, se mai determină valoarea limită (θ_l) a unghiului intern la care prin conectarea excitaţiei motorul se mai sincronizează.

Cu aceste valori determinate, metoda adoptă condiţiile de conectare a excitaţiei pentru sincronizare ca perechile de valori s_l şi θ_l situate într-un domeniu cuprins între alunecarea de mers în asincron stabilizat şi alunecarea zero, respectiv între unghiul electric de anticipare θ_a şi unghiul limită θ_l, adică se aplică un criteriu de forma :

$$(s,\ \theta)_i \in s_i \cap \Delta_i,$$

unde : $s_i = \{s\ /s \leqslant s_a\};\ \Delta_i = \{\theta/\theta_a \leqslant \theta \leqslant \theta_l\},$

respectiv un criteriu de conectare optimă a excitaţiei :

$$(s,\ \theta)_{io} = (s_a,\ \theta_a).$$

În funcţie de cazurile la care se aplică, criteriul poate fi particularizat sub forma :

$$s_i \in s_i = \{s/s \leqslant s_a\}.$$

Conectarea excitaţiei cu un unghi de anticipare a axei polului rotoric faţă de axa cîmpului statoric este posibilă deoarece curentul de excitaţie, respectiv cîmpul polar rotoric, nu se stabilesc la valorile lor nominale în momentul conectării, ci numai după o durată care depinde de constanta de timp a întregului circuit rotoric şi deci cuplul sincron, care evoluează în acelaşi mod, are o influenţă de frînare redusă la parcurgerea unui unghi de anticipare corect ales. Pe de altă parte, conectarea excitaţiei cu un unghi de anticipare este necesitată (mai ales la resincronizările în sarcină) de stabilizarea în momentul izocronismului celor două cîmpuri ale unui cuplu sincron capabil să accelereze rotorul la sincronism în intervalul de unghi electric intern ce defineşte regimul de mers sincron.

Determinarea prin calcul a valorilor mărimilor ce delimitează sau definesc regimurile de mers sincron şi asincron, respectiv de ieşire sau intrare în sincronism, se face prin modele matematice elaborate adecvat proceselor studiate, în care s-au considerat toate elementele componente ale acţionării.

În primul exemplu de aplicare a metodei (fig. 3) subsistemul de acţionare este constituit din motorul asincron *M*, un autotransformator de pornire *A*, două excitatrice *E* şi *e* montate pe acelaşi arbore (cel al motorului).

Modelul matematic pentru studiul comportării acestui subsistem de acţionare constă dintr-un sistem de ecuaţii diferenţiale *S1*** scrise în coordonatele *d*, *q*. Autotransformatorul de pornire a fost echivalat cu o maşină de inducţie cu rotorul blocat, dublu alimentată, cu înfăşurările primară şi secundară conectate la inelele prin care debitează pe sarcina formată din motorul sincron. În acest mod schema după axa *d* este cea prezentată în figura 4.

În al doilea exemplu (fig. 5.) subsistemul de acţionare este format din motorul sincron *M*, autotransformatorul de pornire *A*, excitatricea *E*, motorul asincron *m* de acţionare a acesteia şi transformatorul de alimentare generală *T*.

Modelul matematic pentru acest caz constă tot dintr-un sistem de ecuaţii diferenţiale *S2*** scrise în axele *d*, *q*, în care autotransformatorul *A* şi transformatorul *T* au fost echivalaţi cu o maşină de inducţie care debitează pe la bornele rotorice. Schema echivalentă corespunzătoare pentru axa *d* este cea prezentată în figura 6.

Dispozitivele de supraveghere şi comandă sînt prezentate în figurile 7—13, astfel :

— figura 7, exemplul 1 de dispozitiv de supraveghere a regimului sincron, sesizare a ieşirii din sincronism şi comandă a trecerii în asincron ;

— figura 8, exemplul 1 de dispozitiv de supraveghere a regimului asincron, sesizare a condiţiilor şi comandă a conectării excitaţiei pentru sincronizare sau resincronizare ;

— figura 9, exemplul 2 de dispozitiv de supraveghere a regimului sincron, sesizare a ieşirii din sincronism şi comandă a trecerii în asincron ;

— figura 10, exemplul 2 de dispozitiv de supraveghere a regimului asincron, sesizare a condiţiilor de sincronizare şi comandă a conectării excitaţiei ;

— figura 11 şi 12, exemple similare celor de mai sus într-o a treia variantă ;

— figura 13, exemplul 4 de dispozitiv de supraveghere a regimului sincron, sesizare a ieşirii din sincronism şi comandă a trecerii în asincron.

În exemplul 1 dispozitivul de sesizare a ieşirii din sincronism şi comandă a trecerii în asincron — DISES— este constituit dintr-un traductor de alunecare *S* şi un traductor de unghi intern θ, conectate la un circuit SAU1, care sesizează pendulările mai mari decît cele maxime din regimurile sincrone ; un dispozitiv de întîrziere a semnalului *Ti* şi unul de temporizare a duratei acestuia *Td* conectate la un circuit *ŞI* la care mai este conectat un traductor de tensiune de excitaţie *E* prin intermediul bloccontactului unui comutator *C* de conectare a excitaţiei. Semnalul rezultat la ieşirea circuitului *ŞI* este transmis unui bloc SAU-RES la care ajung şi semnalele circuitelor *F* (sesizarea desincronizării de frecvenţă cu sistemul) şi *A* (comparaţia cu curba de amplitudine). Acest bloc comandă, după caz, deconectarea întreruptorului fiderului de alimentare a staţiei *IF*, a celui corespunzător motorului sincron *IM* sau acţionarea protecţiei acestuia *PM*.

Dispozitivul de supraveghere a mersului în asincron, a sesizării condiţiilor de conectare a excitaţiei şi de comandă a acesteia pentru sincronizare sau resincronizare după ieşiri de scurtă durată din sincronism — DISCIS — se compune din aceleaşi traductoare *S* şi θ. Traductoarele sînt prevăzute cu ieşiri separate pentru condiţiile de sincronizare la pornire, respectiv de resincronizare în sarcină prin circuitele 1SI, 2SI proprii sarcinilor la care se produce sincronizarea, respectiv resincronizarea, care transmit semnalele corespunzătoare unui comutator de selectare *K*. Dispozitivul mai conţine un circuit de blocaj NU care primeşte un semnal de la circuitul SAU-RES din cadrul DISES şi un circuit ŞI-RIS ce cumulează condiţiile de conectare a excitaţiei, inclusiv controlul tensiunii pe bare şi al funcţionării (închis-deschis) a întreruptorului excitaţiei.

Exemplul doi este conceput pentru motoare care se resincronizează uşor şi are un traductor comun de alunecare.

Exemplul trei constituie o variantă în care nu se mai ia în considerare posibilitatea desprinderii de sistem la variaţii de frecvenţă de alimentare.

Exemplul patru consideră numai controlul unghiului intern.

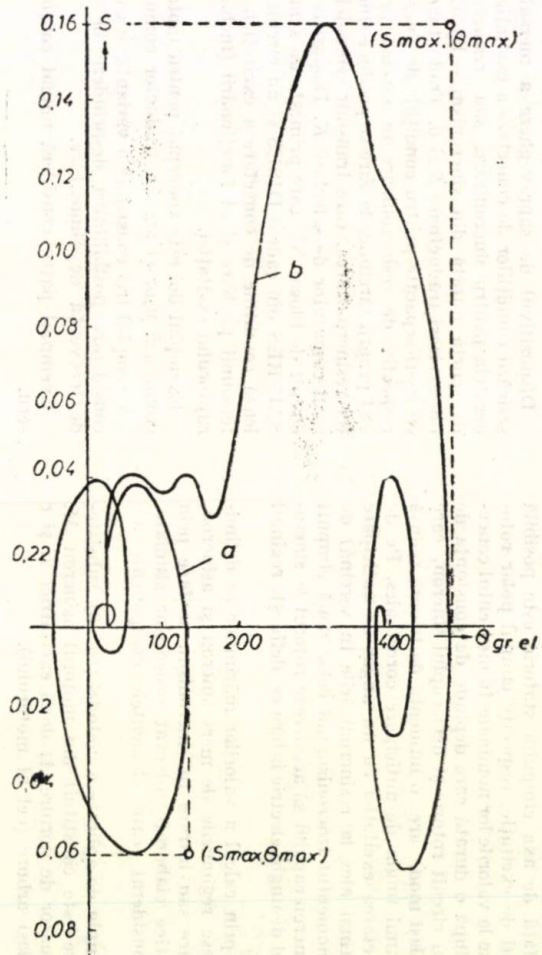


Fig. 1

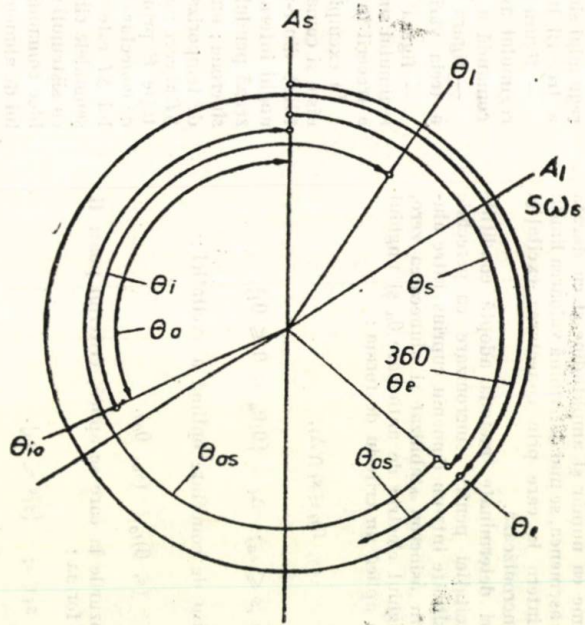


Fig. 2

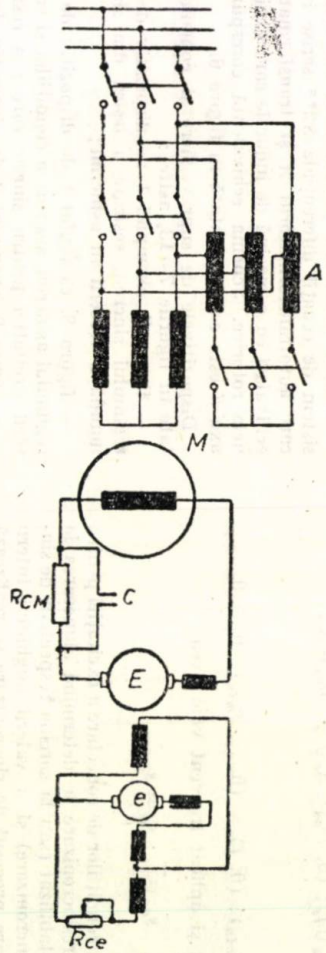


Fig. 3

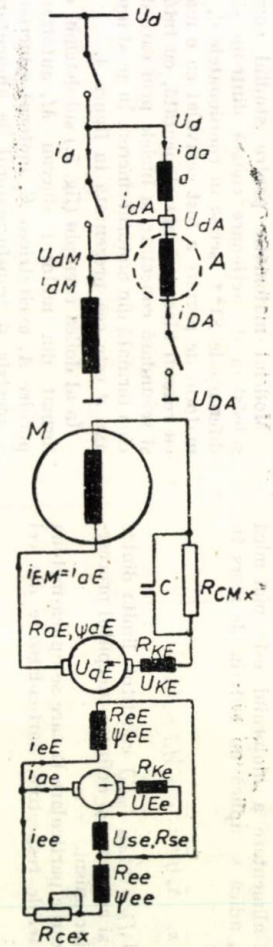


Fig. 4

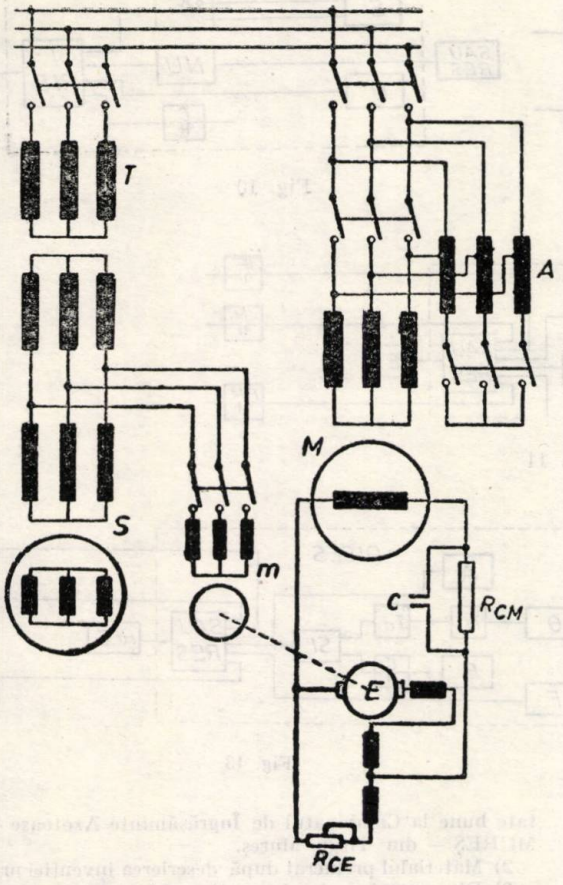


Fig. 5

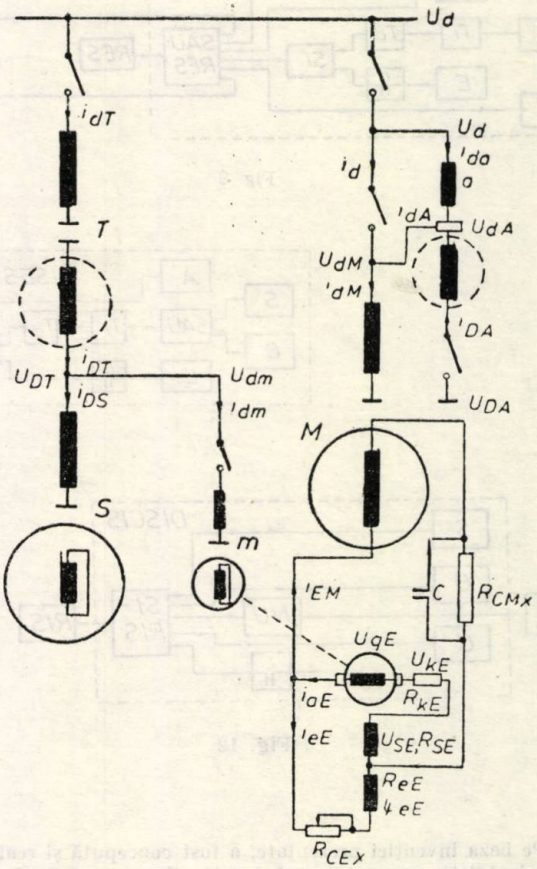


Fig. 6

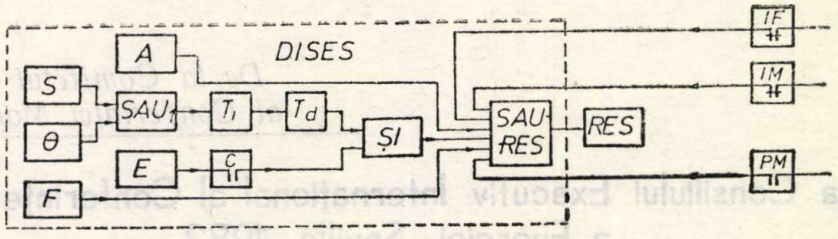


Fig. 7

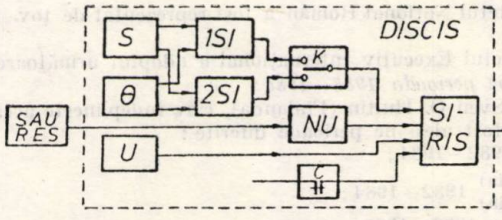


Fig. 8

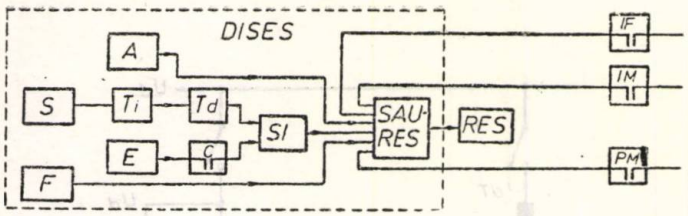


Fig. 9

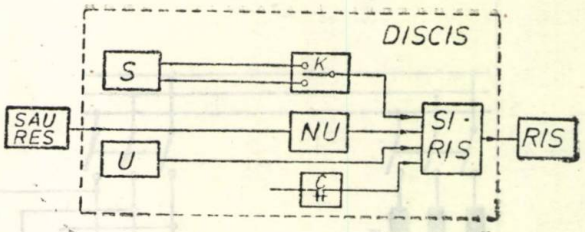


Fig. 10

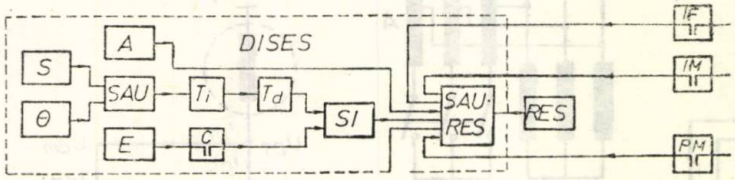


Fig. 11

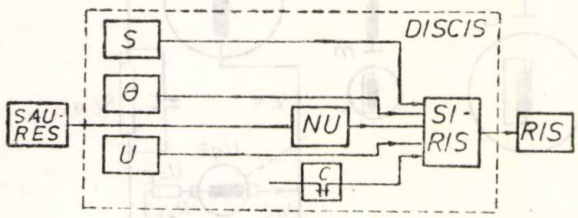


Fig. 12

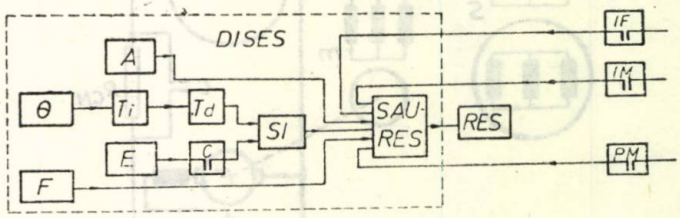


Fig. 13

Notă

1) Pe baza invenției prezentate, a fost concepută și realizată o instalație care realizează funcțiunile enumerate. Instalația, denumită SINCROOPT și care constituie obiectul unui alt brevet de invenție a fost experimentată cu rezultate bune la Combinatul de Îngrășăminte Azotoase — AZOMUREȘ — din Tîrgu Mureș.

2) Materialul prelucrat după descrierea invenției nr. 71664.

3) Din considerente de spațiu, sistemele de ecuații care formează modelele matematice nu au mai fost redate. Ele se pot regăsi în descrierea menționată.

De la Comitetul Național Român al Conferinței Mondiale a Energiei

Reuniunea Consiliului Executiv Internațional al Conferinței Mondiale a Energiei, Sevilla, 1982

În perioada 27—29 septembrie 1982, a avut loc la Sevilla (Spania) reuniunea Consiliului Executiv Internațional (CEI) al Conferinței Mondiale a Energiei (CME), organul de conducere al acestei organizații internaționale, care se reunește anual.

La reuniunea din acest an Comitetul Național Român a fost reprezentat de tov. ing. Gheorghe Chiorean de la Dispecerul Energetic National.

În cadrul ședințelor sale, Comitetul Executiv Internațional a adoptat următoarele hotărîri :

1) *Alegerea președintelui CEI pe perioada 1983—1986:*

S-a hotărît în unanimitate realegerea dr. Sven O. Hultin (Finlanda), care îndeplinește această funcție din anul 1980.

2) *Ca vicepreședinți* ai CEI au fost aleși pe perioade diferite :

— dr. Shankar Lal (India) : 1982—1984 ;

— dr. Alejandro Suarez (Spania)
Fernandez Pello (Spania) 1982—1984 ;

— ing. J. Eibenschutz (Mexic) : 1982—1985.

3) În cadrul reuniunii a fost stabilit și locul de desfășurare al *următoarelor ședințe ale CEI* și anume :

— în 1983 la New Delhi (India), cu ocazia celui de-al XII-lea Congres al CME ;

— în 1984 în Algeria ;

— în 1985 în Bulgaria.

4) Nu s-a luat încă nici o hotărîre cu privire la locul de desfășurare al celui *de-al XIII-lea Congres al CME*, din 1986.

5) În ceea ce privește organizarea celui de-*al XII-lea Congres al CME* de la New Delhi s-a discutat programul sesiunilor tehnice, meselor rotunde și grupurilor de lucru și s-au luat următoarele decizii :

Conducătorii sesiunilor vor fi numiți pe baza propunerilor Comitetelor Naționale.

Un grup consultativ internațional va finaliza lista meselor rotunde și a conducătorilor acestora, așa cum s-a făcut și la Congresul de la München din 1980. În principiu s-au aprobat următoarele teme, care vor fi discutate în în cadrul meselor rotunde :

— cărbune ;
— petrol și gaze ;
— combustibil nuclear ;
— balanțe energetice regionale ;
— înlocuirea petrolului ;
— problemele energetice ale țărilor în curs de dezvoltare ;
— transferul de tehnologii ;
— surse de energie reînnoibile.

Tematica sesiunilor grupelor de lucru va fi cea studiată în prezent de către Comitetele specializate ale CME, cuprinzînd și alte subiecte asupra cărora se va decide ulterior.

Programul general al celui de-al XIII-lea Congres va apărea la începutul anului 1983 și va conține și formularele de înregistrare.

6) *Comisia de Conservare a Energiei.* În ceea ce privește lucrările în plen și în grupele permanente ale acestei comisii : a) a fost întocmit un raport final privind „Lichefierea cărbunelui" ; b) un proiect de raport și luarea de poziție privind „Balanțele energetice regionale" vor fi pregătite pentru New Delhi în iunie 1983, urmînd ca raportul final să apară imediat după Congres ; c) raportul final al „Grupului de lucru pentru înlocuirea petrolului" va fi publicat înaintea celui de-al XII-lea Congres, probabil la sfîrșitul lunii iulie 1983, pentru a apărea înainte de data Congresului Mondial al Petrolului ; d) se va pregăti un raport privind „Conversia fotovoltaică a energiei" ; e) înaintea celui de-al XII-lea Congres va fi pregătit și va apărea un raport privind conservarea energiei.

7) *Datele statistice energetice naționale.* La întrunirea de la Sevilla Comitetul a reformulat raportul model pregătit de Comitetul Național al R.F.G. și a aprobat următorul program pentru toate rapoartele Comitetelor Naționale :

— pînă la 1 decembrie 1982 — transmiterea raportului model în limba engleză și franceză către toate Comitetele Naționale împreună cu documentația aferentă ;

— în perioada ianuarie-mai 1983 — răspunsul din partea Comitetelor Naționale către conducerea CME și returnarea pentru eventuale modificări și tipărire ;

— pînă la 1 august 1983 — Comitetele Naționale vor expedia 200 exemplare din rapoartele către Comitetul de Organizare, la New Delhi, pentru a fi distribuite ;

— 100 exemplare suplimentare vor fi distribuite CEI la New Delhi.

Aceste rapoarte vor forma baza de discuție pentru un grup de lucru la al XII-lea Congres.

Un chestionar prezentat Comitetelor Naționale la Sevilla a sondat opinia privind numărul de rapoarte naționale pe care se va putea conta. Un număr de 43 din cele 48 de țări reprezentate la Sevilla au răspuns afirmativ.

8) *Disponibilitatea centralelor electrice.* S-a decis organizarea, în cadrul celui de-al XII-lea Congres, a unei ședințe în care să se discute luări de poziție ale acestui grup de lucru mixt CME — UNIPEDE.

Președintele grupului de lucru a prezentat participanților la Sevilla un raport al lui C. Tabet (Franța), privind disponibilitatea și indisponibilitatea centralelor termo-și nuclearo-electrice. Secretariatul CME va difuza Comitetelor Naționale un exemplar din acest raport.

9) *Relații publice.* Se are în vedere acceptarea unor reprezentanți ai presei, fără plata taxei de participare, la al XII-lea Congres. În cadrul Congresului se va prezenta o expoziție de filme documentare.

10) Nu s-a luat nici o decizie în problema *factorilor de conversie* a energiei, urmînd ca propunerile să fie reexaminate.

11) În privința *cotizațiilor neplătite la termen* se mențin în continuare prevederile statutului organizației, respingîndu-se propunerea de modificare a acestuia în sensul încetării recunoașterii Comitetelor Naționale cu plăți restante.

Comitetul Executiv Internațional întrunit la Sevilla și-a exprimat hotărîrea de a stimula și promova în continuare toate activitățile de dezvoltare economică și utilizare a resurselor energetice în scopuri pașnice.

Dr. ing. Călin Mihăileanu
Secretar al CNR al CME

CRONICĂ

Conferința Națională de electrotehnică și electroenergetică — CNEE'82

În zilele de 17—18 septembrie a.c. a avut loc la Timișoara prima Conferință Națională de electrotehnică și electroenergetică (CNEE'82), manifestare științifică de prim rang, cu caracter național, inclusă în programul de acțiuni ale CNST, MEI, M.E.E. și MICMUEE. Conferința s-a desfășurat la facultatea de Electrotehnică a Institutului Politehnic „Traian Vuia", organizarea fiind asigurată de un Comitet local de organizare (CLO—CNEE'82).

Prin participarea unui număr de peste 400 de specialiști reprezentînd institutele de învățămînt superior cu profil tehnic și universitar, institutele de cercetări și proiectări și întreprinderile din domeniul electrotehnic și electroenergetic, s-a realizat deziderатul propus, de reunire a lucrărilor științifice valoroase, realizate în ultima perioadă, în ramurile de vîrf și prioritare ale domeniului.

În cadrul şedinţei plenare de deschidere a CNEE'82, lucrările Conferinţei au fost salutate de tov. Constantin Potângă, secretar al Comitetului judeţean Timiş al P.C.R., şi prof. dr. ing. Coleta De Sabata, rectorul Institutului Politehnic „Traian Vuia" din Timişoara, remarcindu-se cu acest prilej bogatele tradiţii în domeniul electrotehnic şi electroenergetic ale întreprinderilor şi instituţiilor de profil din judeţul Timiş, ale şcolii politehnice timişorene. Conferinţa a fost prezidată de acad. Remus Răduleţ, preşedintele Comitetului Naţional de organizare (CNO—CNEE'82). În acelaşi cadru au fost prezentate trei referate tehnice de sinteză : „Abordări noi în predarea electrotehnicii" (acad. Remus Răduleţ), „Tendinţe şi condiţionări în electroenergetică, după un prim secol de existenţă" (dr. ing. Călin Mihăileanu, director general al ICCCE) şi „Surse noi de energie astăzi şi mîine" (dr. ing. Florin Tănăsescu, director general al ICMUEE), care au suscitat un deosebit interes din partea auditoriului, prin abordarea elementelor cele mai semnificative din cadrul celor două domenii.

CNEE'82 şi-a desfăşurat lucrările în cadrul a 13 secţii, prezentîndu-se un număr de 272 de comunicări :

Secţia 1 — Bazele electrotehnicii : Probleme de cîmp.
Secţia 2 — Bazele electrotehnicii : Circuite.
Secţia 3 — Generatoare şi transformatoare electrice.
Secţia 4 — Motoare electrice rotative şi lineare.
Secţia 5 — Convertoare statice de putere.
Secţia 6 — Acţionări electrice.
Secţia 7 — Electrotermie şi iluminat.
Secţia 8 — Materiale electrotermice.
Secţia 9 — Aparate electrice.
Secţia 10 — Transportul şi distribuţia energiei electrice.
Secţia 11 — Supratensiuni şi coordonarea nivelului de izolaţie.
Secţia 12 — Funcţionarea şi reglarea sistemelor electroenergetice.
Secţia 13 — Conducerea, comanda şi planificarea dezvoltării sistemelor electroenergetice.

Lucrările prezentate în cadrul Conferinţei au fost multiplicate în 13 volume (corespunzătoare celor 13 secţii), care, aşa cum remarca acad. Remus Răduleţ, preşedintele CNO-CNEE'82, au reprezentat publicaţii de certă ţinută, oferind participanţilor un material de lucru şi o serioasă bază de discuţii.

De altfel, în scopul asigurării unui nivel ştiinţific corespunzător, înscrierea lucrărilor în programul conferinţei s-a realizat pe baza recenzării lor de către Birourile secţiilor, cu trei luni în avans faţă de data desfăşurării Conferinţei.

În scopul familiarizării cadrelor de specialitate cu unele domenii noi de cercetare ştiinţifică, în cadrul CNEE'82 au fost organizate trei cursuri cu durata de 4 ore, care s-au bucurat de o largă participare : „Aplicarea teoriei grafurilor la studiul circuitelor electrice" (prof. dr. doc. I.S. Antoniu-Mc. al Acad. R.S.R., de la I.P.B.), „Calculul defectelor multiple în reţelele electrice cu ajutorul componentelor simetrice" (prof. dr. ing. Arie Arie de la I.P.B.) şi „Transformări de variabile la maşini electrice" (conf. dr. ing. Gheorghe Atanasiu de la I.P.T.).

Caracterul de lucru al CNEE'82 a fost reliefat şi de schimburile de experienţă şi vizitele organizate pentru participanţi la întreprinderi şi instituţii de profil din Timişoara : Electromotor, Electrotimiş, Electrobanat, IAEM şi Dispeceratul Energetic teritorial.

Tot în cadrul acţiunilor cuprinse în programul CNEE'82 s-a desfăşurat şi şedinţa anuală a CNO-CNEE. Cu acest prilej a fost adoptat regulamentul de desfăşurare al viitoarelor conferinţe, hotărîndu-se ca această manifestare să fie organizată din doi în ani doi. Preşedinte al CNO-CNEE a fost reales acad. Remus Răduleţ, aprobîndu-se componenţa CNO, secţiile, precum şi componenţa birourilor secţiilor, pentru viitoarea conferinţă. CNEE'84 va fi organizată la Craiova în a doua jumătate a lunii septembrie 1984, preşedinte al CNO-CNEE'84 fiind desemnat prof. dr. ing. Silviu Puşcaşu, rectorul Universităţii din Craiova.

Dr. ing. Ovidiu Crişan, ing. Ştefan Kiliyeni

LISTA

referatelor prezentate în cadrul CNEE'82

Secţia I — *Bazele electrotehnicii: probleme de cîmp*

1. Influenţa ecranelor feromagnetice asupra cîmpului magnetic produs de bobine cilindrice scurte. Autori : Constantin E., Radu D. (I.P. Timişoara)
2. Simularea numerică a cîmpurilor potenţiale. Autor : Dumitrescu I. (I.P.G. Ploieşti)
3. Cu privire la interpretarea unor experienţe de electrodinamică în teoria clasică a electronilor Autor : Fränkel D. (I.P. Timişoara)
4. Teorema rezistenţei electrice în plăci semiconductoare plane alimentate prin contacte pline, incluzînd efectele galvanomagnetice. Autor : Grün U. (I.P. Timişoara)
5. Model matematic variaţional de cîmp electromagnetic în medii neliniare. Autori : Mîndru Gh. (I.P. Cluj-Napoca, Rădulescu M.M. (I.M.M.R. Cluj-Napoca)
6. Noi expresii ale inducţiilor magnetice ale bobinelor de deflexie din acceleratoarele de particule şi traiectoriile fasciculelor. Autori : Mocanu C., Nemoianu C., Vasiliu M. (I.P. Bucureşti)
7. Inducţia magnetică a bobinelor de deflexie din acceleratoarele industriale de particule. Autori : Mocanu C., Nemoianu C., Vasiliu M. (I.P. Bucureşti)
8. Deflexia magnetică a fasciculelor de particule pentru acceleratoare industriale. Autori : Mocanu C., Nemoianu C., Vasiliu M. (I.P. Bucureşti)
9. Metodă pentru calculul cîmpului magnetic şi al forţelor electrodinamice în zona frontală a turbogeneratoarelor Autor : Moraru A. (I.P. Bucureşti)
10. Metoda elementelor finite cu realizarea automată a conexiunilor reţelei pentru rezolvarea problemelor de cîmp electromagnetic. Autor : Nicolaide A. (Univ. Braşov)
11. Asupra unor teoreme generale din electrodinamica lui Maxwell şi Hertz. Autor : Panaitescu A. (I.P. Bucureşti)
12. Optimizarea dimensionării sistemelor de bare de distribuţie ecranate, privind repartiţia cîmpului termic staţionar. Autor : Peicov N. (Univ. Craiova)
13. Geometrizarea cîmpului electromagnetic. Autori : Puşcaşu S., Mihai Gh. (Univ. Craiova)
14. O generalizare în două dimensiuni a ecuaţiilor telegrafiştilor. Autori : acad. Răduleţ R., Ţugulea A. (I.P. Bucureşti)
15. Teorema energiei electromagnetice în medii neliniare, inerţiale. Autor : Rosman H. (I.P. Iaşi)
16. Utilizarea metodei elementelor de frontieră pentru rezolvarea unei probleme de tip Laplace Autor : Soran I. (I.P. Bucureşti)
17. Regimul permanent al cîmpului electromagnetic în cuplajul cu curenţi turbionari. Autor : Spineanu G. (I.P. Bucureşti)
18. Unele consideraţii critice privind determinarea rezistivităţii la plăci semiconductoare în prezenţa cîmpului magnetic. Autori : Şora C., Vetreş I. (I.P. Timişoara)

19. Contribuţia miezului feromagnetic la producerea cîmpului magnetic al bobinelor de deflexie. Autori : Ţugulea A., Nemoianu C. (I.P. Bucureşti)
20. Determinarea rezistivităţii electrice la discuri semiconductoare situate în cîmp magnetic. Autor : Vetreş I. (I.P. Timişoara)
21. Calculul cîmpului electromagnetic cvasistaţionar periodic, în medii neliniare. Autori : Zissu S., Hanţilă F. (I.P. Bucureşti)
22. Asupra unei noi teoreme a forţelor generalizate Autor : Andea P. (I.P. Timişoara)

Secţia 2 — *Bazele electrotehnicii: circuite*

1. Un nou mod de demonstrare a principiului separării puterilor în regim energetic deformant. Autori : Antoniu, I.S., Chiuţă I.N. (I.P. Bucureşti)
2. Optimizarea funcţionării circuitelor electrice în regim energetic deformant. Autori : Antoniu I.S. (I.P. Bucureşti), Gafencu M. (Inst. de Construcţii Bucureşti)
3. Utilizarea unor proprietăţi specifice materialelor supraconductoare în sinteza circuitelor electrice. Autori : Badea M., Puşcaşu S. (Univ. Craiova)
4. Formule de transfigurare stea-poligon complet folosind elemente de algebră structurală. Autori : Badea M., Pasăre S. (Univ. Craiova)
5. Inductanţa de dispersie a spirei în scurtcircuit (partea frontală). Autor : Cividjian G. (Univ. Craiova)
6. Scheme electrice duale ale circuitelor cuplate magnetic. Autori : Bogoevici N., Toader D., Hărăguş Şt. (I.P. Timişoara)
7. O nouă teoremă de echivalare a circuitelor electrice dipolare pentru optimizarea randamentelor de transmisie a puterii : Autori : Cristea P., Tuduce R. (I.P. Bucureşti)
8. Unele teoreme ale inductivităţilor complexe ale bobinelor în prezenţa mediilor de histerezis viscos. Autor : De Sabata I. (I.P. Timişoara)
9. Metodă sistematică de analiză a circuitelor active cu amplificatoare operaţionale. Autor : Dorobanţu I. (I.P. Bucureşti)
10. Studiul unor fenomene de salt în circuite conţinînd elemente neliniare simultane. Autor : Goraş L. (I.P. Iaşi)
11. Asupra posibilităţilor de sinteză a elementelor de circuit inerţiale. Autor : Goraş L. (I.P. Iaşi)
12. Înregistrarea simultană a puterilor activă şi reactivă din circuitele monofazate, cu ajutorul înregistratorului indigen E-546 echipat cu multiplicator Hall. Autori : Heler A., Titihăzan M., Bere I. (I.P. Timişoara)
13. Posibilităţi de obţinere a oscilaţiilor de regim forţat ale armăturii mobile la vibratoarele electromagnetice. Autor : Hnatiuc E. (I.P. Iaşi)
14. O nouă metodă de determinare a gradului de complexitate al unui circuit electric nereciproc. Autori : Iordache M., Chira S. (I.P. Bucureşti)
15. O metodă generală de analiză hibridă a circuitelor electrice rezistive neliniare. Autori : Iordache M. (I.P. Bucureşti), Dornescu D. (I.P.C.T.T. Bucureşti)
16. Utilizarea unei tehnici de calcul cu matrice rare în determinarea arborelui normal comun şi a matricelor incidenţelor esenţiale. Autori : Iordache M. (I.P. Bucureşti), Socaciu V. (I.M.P. Bucureşti)
17. O formă canonică a ecuaţiei intrare-stare pentru circuitele electrice. Autor : Marcovici J. (Univ. Craiova)
18. Aplicarea metodei variabilelor de stare la circuite de mare complexitate. Autori : Preda M. (I.P. Bucureşti), Topan D. (Univ. Craiova), Ionescu G., Andrei H. (I.P. Buc.)
19. Algoritm de analiză diakoptică a circuitelor electrice de mare complexitate. Autori : Preda M., Nicoară N., Mărieş V., Andrei H., Chirtic S. (I.P. Bucureşti)
20. Consideraţii energetice asupra elementelor disipative de circuit ideale. Autori : Savin Gh., Rosman H., Goraş L. (I.P. Iaşi)
21. Evaluarea numerică şi măsurarea directă a curenţilor turbionari din miezul feromagnetic al unei bobine. Autori : Soran I. (I.P. Buc.), Soran R. (CIRE-MEE Bucureşti)
22. Unele consideraţii privind studiul generatorului Hall în funcţie de sensul inducţiei magnetice. Autori : Şora C., Dobre S. (I.P. Timişoara)
23. Metodă topologică şi program de calcul al transmitanţelor echivalente în grafuri de fluenţă matriceale. Autori : Topan D. (Univ. Craiova), Călin Gh. (C.C.S.I.T-Electroputere Craiova)

Secţia 3 — *Generatoare şi transformatoare electrice*

1. Scheme electrice echivalente la maşina sincronă Autori : Gălan N., Mihalache M. (I.P. Bucureşti)
2. Consideraţii asupra sistemelor de unităţi relative folosite în teoria maşinilor sincrone Autor : Duşa V. (I.P. Timişoara)
3. Utilizarea parametrilor tranzitorii în analiza maşinii sincrone neconvenţionale. Autori : Mihalache M., GălanN. (I.P. Bucureşti)
4. Asupra calculului caracteristicilor saturate ale turbogeneratoarelor sincrone de mare putere. Autor : Moraru A. (I.P. Bucureşti)
5. Metodă de calcul optimal al maşinii sincrone cu poli plini. Autori : Irhaşiu D., Suciu M. (I.P. Timişoara)
6. Particularităţi constructive ale unui generator sincron cu excitaţie supraconductoare. Autori : Badea M., Georgescu E., Isar I., Ştefănescu Fl. (Univ. Craiova)
7. Generatorul asincron autoexcitat reglat prin turaţie Autori : Babescu M., Biriescu M. (I. P. Timişoara)
8. Metodă de proiectare a tahogeneratoarelor de c.c. excitate prin magneţi permanenţi. Autor : Stoia D. (Univ. Braşov)
9. Proiectarea optimă a tahogeneratoarelor de c.c. cu inerţie redusă. Autori : Stoia D., Georgescu M., Ilea D. (Univ. Braşov)
10. Metodă şi program de calcul pentru determinarea reactanţei şi forţelor electrodinamice de scurtcircuit în transformatoare. Autori : Bălă C., Homentcovschi D., Morega Al. (I.P. Bucureşti)
11. Dimensionarea optimă a transformatoarelor uscate de putere şi joasă tensiune, pornind de la problemele de natură termică. Autor : Bichir I.N. (I.P. Bucureşti)
12. Consideraţii asupra transformatorului de sudare cu premagnetizare şi realizări de noi variante constructive. Autori : Olah, R., Olah I., Prisăcaru V. (I.P. Iaşi)
13. Reglaj de forţă tiristorizat pe înalta tensiune la locomotive. Autori : Olariu Gh., Markovici J. (Univ. Craiova)
14. Aspecte analitice ale regimului staţionar al dublorului magnetic de frecvenţă în utilizarea ca sursă pentru sudarea cu arc electric. Autori : Olah R., Olah I. (I.P. Iaşi)
15. Criotransformator de azot lichid pentru sudare prin presiune : Autori : Puşcaşu S., Floriganţă Gh., Isar I., Ciujagea M. (Univ. Craiova)
16. Probleme de proiectare a bornelor de ieşire ale criotransformatorului. Autori : Puşcaşu S., Ştefănescu Fl., Răducan L., Calotă G., Toaxen V. ((Univ. Craiova)
17. Consideraţiuni privind legătura dintre proprietăţile codurilor grupelor de conexiuni determinate prin metoda C.C.S. I şi posibilităţile de utilizare a lor pentru schimbarea grupei de conexiuni la transformatoarele trifazate .Autori : Cernomazu D., Michiu Gh. (U.R.T.A.E. Roman)
18. În legătură cu parametrii schemei echivalente a transformatorului repus la turnare de impuls. Autor : Gavrilă Gh. (Acad. Militară Bucureşti)

Secţia 4 — *Motoare electrice rotative şi liniare*

1. Metoda I.P.T. de calcul cu ordinatorul electronic al maşinilor electrice de inducţie. Autor : Dordea T. (I.P. Timişoara)
2. Particularităţi ale dimensionării motoarelor asincrone în dublă colivie cu cuplu de pornire mărit şi curent de pornire scăzut. Autor : Novac I. (I.P. Timişoara)

3. Considerații privind contribuția motoarelor asincrone cu două colivii rotorice la valorile curenților de scurt-circuit și determinarea parametrilor lor. Autor: Gheju P. (I.P. Timișoara)
4. Calculul optimal al mașinilor electrice cu comutație statică. Autori: Atanasiu Gh., Irhașiu D. (I.P. Timișoara)
5. Optimizarea proiectării motoarelor asincrone utilizînd metoda programării lineare. Autor: Scutare Gh. (Univ. Brașov)
6. Calculul parametrilor la motoare de inducție cu înfășurări de tip „inel". Autori: Livinț Gh., Ciobanu L. (I.P. Iași)
7. Ecuațiile de stare ale mașinii electrice liniare de inducție alimentată prin invertoare de tensiune sau de curent. Autor: Boldea I. (I.P. Timișoara)
8. M.L.U. Metodică optimală de calcul. Autor: Babescu M. (I.P. Timișoara)
9. Cîmpul electromagnetic și hidrodinamic în mașinile de inducție cu indus fluid, în condițiile efectului transversal bidimensional. Autori: Fireteanu V. (I.P. București), Stănilă L. (I.P.I.U. București)
10. Contribuții la studiul regimului tranzitoriu al motorului asincron liniar. Autor: Pesteanu O. (Univ. Brașov)
11. Asupra funcționării mașinii de inducție la frecvență variabilă. Autor: Cîmpeanu A. (Univ. Craiova)
12. Asupra unor curbe caracteristice ale mașinii de inducție alimentate de la convertor de curent. Autor: Cîmpeanu A. (Univ. Craiova)
13. Analiza regimului deformant de funcționare al ansamblului invertor-motor asincron. Autor: Prisăcaru A. (I.P. Iași)
14. Studiul regimului de pornire la motorul liniar bifazat. Autori: Iancu V., Biró K., Viorel I.A. (I.P. Cluj-Napoca), Rădulescu M.M. (I.M.M.R. Cluj-Napoca)
15. Comanda prin frecvență a servomotorului asincron bifazat. Autori: Simion A., Teodoru E. (I.P. Iași)
16. Utilizarea motorului asincron linear la acționarea ciocanelor și preselor. Autori: Pesteanu O., Tața M. (Univ. Brașov)
17. Schemă recuperatică pentru încercarea motoarelor asincrone. Autor: Hește V. (I.P. Timișoara)
18. Funcționarea sistemelor de acționare cu motoare cu rotor dublu la sarcini variabile în timp. Autori: Teodoru E., Simion A. (I.P. Iași)
19. Regimul staționar al mașinii electrice cu comutație statică. Autor: Nica E. (I.P. Timișoara)
20. Analiza parametrilor funcționali în perioada pornirii unei mașini electrice cu comutație statică. Autori: Atanasiu Gh., Boraci R. (I.P. Timișoara)
21. Considerații teoretice pentru proiectarea mașinilor de c.c. cu excitație supraconductoare. Autori: Pușcașu S., Isar I., Badea M., Socolovschi A., (Univ. Craiova)
22. Aspecte ale cercetării și proiectării seriei unitare de servomotoare de c.c. cu magneți permanenți. Autor: Raduți C. și colectiv (I.P. București)
23. Determinarea distribuției cîmpului magnetic în servomotoare de c.c. cu inerție redusă excitate cu magneți permanenți prin metoda elementului finit. Autori: Stoia D. (Univ. Brașov), Rădulescu M.M. (I.M.M.R. Cluj-Napoca), Munteanu M. (Univ. Brașov)
24. Proiectarea profilului conductor pentru rotorul mașinii cu întrefier axial. Autori: Mihăiescu N., Ifrim C. (I.P. București)
25. Cu privire la optimizarea proiectării și construcției regulatoarelor de inducție trifazate. Autori: Bergman I., Prisăcaru A. (I.P. Iași)
26. Asupra unor sisteme cu levitație electromagnetică cu un grad de libertate. Autori: Dragomir T.L., Boraci R. (I.P. Timișoara)
27. Optimizarea caracteristicii unui traductor de poziție de tip inductiv. Autori: Micu D. (I.P. Cluj-Napoca), Patrubany M. (I.T.C. Cluj-Napoca)

Secția *5 — Convertoare statice de putere*

1. Convertoare statice de frecvență cu conținut ridicat în fundamentală a tensiunii de ieșire pentru tracțiunea electrică în curent alternativ. Autori: Alexa D., Turic L., Oriță C., Stiurca D. (I.P. Iași)
2. Redresoare în punte trifazată cu comutație forțată, nesolicitînd putere reactivă și generînd o deformanță redusă în rețeaua de alimentare. Autori: Alexa D., Turic I., Zaharia I., Dumitrescu L. (I.P. Iași)
3. Dimensionarea elementelor circuitului de forță al invertorului de curent. Autori: Carasel V., Popa E., Montescu L. (C.C.S.I.T. Electroputere Craiova)
4. Analiza unui convertor static de frecvență utilizînd un procedeu de liniarizare. Autori: Chindriș B., Colosi T. (I.P. Cluj-Napoca)
5. Convertor static de medie frecvență pentru instalațiile de încălzire prin inducție. Autori: Ciurașcu I., Stingu A., Greavu Al. (Întreprinderea de Autocamioane Brașov), Matlac I., Bondar L., Marcelaru M. (Univ. Brașov)
6. Ansamblul de comandă pentru invertor de tensiune cu comutație de grupe pe supape. Autori: Girlașu Șt., Herzovi S. (I.S. Reșița)
7. Modulația de amplitudine în conversia energiei la ciclo-convertoare. Autor: Maier V. (I.P. Cluj-Napoca)
8. Acționarea cu chopper a electrocarelor. Autori: Mincinopschi Gh., Stavrache P. (C.C.S.I.T. Electroputere Craiova)
9. Sistem de acționare cu viteză reglabilă a unui motor asincron cu rotor în scurtcircuit alimentat cu invertor de tensiune cu modulare sinusoidală. Autori: Moise L., Camenita D., Veteleanu R., Camen I. (CCSIT Electroputere Craiova)
10. Serie de acționări reglabile folosind motoare de curent alternativ alimentate prin invertor de curent. Autori: Montescu L., Carasel V., Popa E., Dumitrescu A. (C.C. S.I.T. Electroputere Craiova)
11. Convertor mono-trifazat pentru alimentarea serviciilor auxiliare ale locomotivelor electrice. Autori: Nerodea T., Răducanu P., Stoenescu J. (CCSIT Electroputere Craiova)
12. Asupra unei familii de oscilatoare sinusoidale. Autor: Onete C.E. (I.P. Iași)
13. Invertor de medie frecvență monofazat cu circuit oscilant cu tensiune de comutație redusă. Autori: Szekely I., Hugel H. (Univ. Brașov)
14. Regimul termic intermitent al ventilelor semiconductoare în cazul unor solicitări variabile în timp. Autori: Lazăr D., Titz G. (I.P. București)

Secția *6 — Acționări electrice*

1. Asupra intervalului de polarizare inversă la variatoarele de tensiune continuă indirecte. Autor: Balaci I. (I.P. Timișoara)
2. O extindere a teoriei clasice a încălzirii și răcirii mașinilor electrice de acționare. Autor: Bartzer Șt. (I.P. Timișoara)
3. Metodă generală de calcul pentru verificarea la încălzire a puterii mașinilor electrice de acționare utilizate în alte condiții decît cele normale. Autor: Bartzer Șt. (I.T. Timișoara)
4. Asupra unui sistem de acționare cu motor liniar de inducție, reglabil prin convertizor static de frecvență. Autori: Boțan N., Livint Gh. (I.P. Iași)
5. O problemă de stabilitate a sistemelor de acționare cu motoare sincrone. Autori: Boțan C., Titariu I. (I.P. Iași)
6. Asupra indicatorilor de calitate ai sistemelor de acționare electrică cu motoare liniare de inducție. Autori Ciobanu L., Livint Gh. (I.P. Iași)
7. Considerații privind utilizarea motoarelor electrice pas cu pas în acționarea roboților industriali. Autori: Crivi M., Trifa V. (I.P. Cluj-Napoca)
8. Acționările electrice reglabile la excavatoarele electrice de mare capacitate fabricate în RSR. Autori: Emanoil D. Popovici E., Davidescu C. (I.P.A. București)

9. Echipamente de comandă și reglare pentru convertizoarele rotative de 2500...8000 Hz fabricate în RSR. Autori : Emanoil D., Cristian S.S. (I.P.A. București)
10. Comanda optimală cu ajutorul unui microcontroler industrial MC 86 a unui manipulator inteligent acționat cu motoare pas cu pas. Autori : Fransua Al., Măgureanu R., Stănescu D. (I.P. București)
11. Despre comanda incrementală a motorului asincron trifazat. Autor : Fratu A. (Univ. Brașov)
12. Optimizarea parametrică a unei probleme neliniare de acționare cu motoare sincrone. Autori : Grosan T., Livinț Gh., Ciobanu L. (I.P. Iași)
13. Ansamblu de comandă pentru invertor autonom de tensiune cu comutație de grupe pe supape. Autori : Girlașu Șt., Herzovi S. (I.S. Reșița)
14. Simularea numerică a proceselor cinetice la sistemele de acționare ale instalațiilor de foraj. Autor: Georgescu D. (I.P.G. Ploiești)
15. Sistem numeric de poziționare implementat pe baza unui microcontroler IMC-86. Autori : Măgureanu R., Andronescu G., Danciu G., Keindler L., Marin C. (I.P. București)
16. Schema optimă pentru frînarea de oprire cu condensatoare a motorului asincron. Autor : Oprișor M.S. (I.P. Iași)
17. Comanda în frecvență a motoarelor liniare de acționare a cărucioarelor podurilor rulante. Autori : Popovici D., Scăreanu P., Seracin E. (I.P. Timișoara)
18. Optimizarea regimului de funcționare a motoarelor sincrone de acționare a compresoarelor de aer dintr-o stație de compresoare. Autor : Petrica I. (I.S. Reșița)
19. Rezultate experimentale privind optimizarea acționării principale a laminorului Bluming 1300 din Combinatul Siderurgic Hunedoara. Autori : Rusu N., Andreescu E., Maiorescu O. (I.S. Hunedoara)
20. Asupra regimului de autooscilație la un servomecanism de poziție neliniar de tip releu. Autor : Sebastian L. (I.P. Iași)
21. Pornirea sistemelor de acționare cu motor de c.c. și flux de excitație constant. Autor Saal C. (Univ. Brașov)
22. Acționarea electrică cu mașini liniare a podurilor rulante. Autori : Seracin E., Șora I., Prodan M., Schuch C. (I.P. Timișoara)
23. Minimizarea consumului de energie electrică la proiectarea programelor de transport succesiv de produse petroliere. Autor : Siro B. (I.P.G. Ploiești)
24. Funcționarea sistemelor acționate cu rotor dublu la sarcini variabile în timp. Autori : Teodoru E., Simion Al. (I.P. Iași)
25. Sistem de acționare electrică cu microprocesor. Autor : Trif I.N. (Univ. Brașov)
26. Pachet de programe pentru simularea acționărilor electrice cu motoare de c.a. Autori : Trif I.N. (Univ. Brașov), Stanciu L. (I.R.U.C. Brașov)
27. Utilizarea arborelui electric la acționarea ramelor de uscat din industria textilă. Autori : Viorel I.A., Biro K., Iancu V. (I.P. Cluj-Napoca)

Secția *7 — Electrotermie și iluminat*

1. Contribuții la modelarea comportării în exploatare a cuptoarelor cu arc electric de 100 t. Autori : Chiuță I., Brătianu G. (I.P. București), Marinache N., Naidin P., Clej A. (Combinatul Siderurgic Călărași)
2. Baterii electrice de mare capacitate. Autori : Cristea P., Tuduce R. (I.P. București)
3. Schimbul de flux luminos între suprafețe în instalațiile de iluminat. Autor : Dinculescu P. (I.P. București)
4. Indicatori cantitativi pentru interreflexiile în instalațiile de iluminat interior. Autor Dinculescu P. (I.P. Buc.)
5. Considerarea și evaluarea componentei reflectate a fluxului luminos în calculul instalațiilor de iluminat. Autor : Dinculescu P. (I.P. București)
6. Aplicații industriale ale pompării electromagnetice a metalelor topite. Autori : Fireteanu V. (I.P. București), Stănescu E. (I.M. Neferal București)
7. Instalația de dozare magnetohidrodinamică a aliajelor de aluminiu, IMH pentru linia automată de turnare de la întreprinderea „23 August" București. Autori : Fireteanu V. (I.P. București), Șerbănescu T. (Întreprinderea „23 August" București)
8. Modele probabilistice pentru studiul duratei de viață a lămpilor cu descărcări în vapori metalici. Autori : Florescu R., Prisăcaru V. (I.P. Iași)
9. Studiul încălzirii rezistive directe a conductoarelor feromagnetice tubulare. Autori : Fluerașu C., (I.P. București)
10. Alimentarea lămpilor fluorescente cu vapori de mercur de joasă presiune cu tensiuni de frecvență ridicată. Autor : Ioachim D. (I.P. Iași)
11. Electrosepararea sărurilor complexe de sodiu, potasiu și magneziu în cîmp corona-electrostatic. Autori : Iuga Al., Morar R., Neamțu V. (I.P. Cluj-Napoca), Cugleșan I., Maschek D. (I.C.P.M.S.N. Cluj-Napoca)
12. Electroseparator de laborator cu cîmp corona și cîmp electrostatic, model ILES-LM. Autori : Morar R., Iuga Al., Pop D. (I.P. Cluj-Napoca)
13. Asupra utilizării căldurii dezvoltate în instalația de iluminat electric fluorescent pentru încălzirea cu aer cald a încăperilor. Autori : Pop F., Gîrbu A., Moca M. (I.P. Cluj-Napoca)
14. Amestecarea prin inducție electromagnetică a metalului lichid în instalațiile de turnare continuă. Autori : Pop P., Irimia S. (I.P. Timișoara)
15. Considerații teoretice și experimentale privind variatoarele de iluminare. Autori : Șora I., Balaci I., Scăreanu P. Coita V. (I.P. Timișoara)
16. Cercetări privind realizarea tehnologiilor de îmbinări prin lipire cu încălzire prin inducție. Autor : Văzdăuțeanu V. (I.P. Timișoara)

Secția *8 — Materiale electrotehnice*

1. Calculul cîmpului electric în izolația de polietilenă a cablurilor de înaltă tensiune, în prezența impurităților. Autori : Ifrim Al., Fireteanu V. (I.P. București)
2. Cercetări privind rezistența la arborescență a polietilenei : Autori : Ifrim Al., Fireteanu V., Golovanov C., Notinger P. (I.P. București)
3. Contribuții la analiza fenomenului de descărcare-încărcare în unele incluziuni din dielectrici. Autor : Petrean L. (I.I.S. Baia Mare)
4. Asupra erorilor de determinare a cîmpului electric în unele incluziuni din dielectrici. Autori : Petrean L., Peter D., Berinde V., Buju M., Crăciun I. (I.I.S. Baia Mare)
5. Studiu privind îmbătrînirea maselor plastice utilizate ca izolanți electrici. Autor : Helerea E. (Univ. Brașov)
6. Prognoza duratei de viață la izolanți electrici din încercări de îmbătrînire accelerată. Autor : Helerea E. (Univ. Brașov)
7. Metodici de microscopie și difracție de electroni pentru caracterizarea de materiale electrotehnice. Autor : Zberea I. (I.F.T.M. București)
8. Asupra polarizării electrice a dielectricilor solizi la temperaturi criogene. Autori : Chioreanu V. (I.P. Timișoara), Cristea Gh. (Univ. Cluj-Napoca), Pop O. (I.P. Cluj-Napoca), Coita V. (I.P. Timișoara)
9. Asupra pierderilor de energie în dielectricii solizi la temperaturi criogene. Autori : Chioreanu V., Coita V. (I.P. Timișoara), Cristea Gh. (Univ. Cluj-Napoca), Pop O. (I.P. Cluj-Napoca)
10. Influența temperaturii criogene asupra proprietăților mecanice ale dielectricilor solizi. Autori : Cherebețiu T., Tăpalagă I. (I.P. Cluj-Napoca), Chioreanu V., Coita V. (I.P. Timișoara)
11. Asupra posibilităților de urmărire continuă a ratei de evaporare a lichidelor criogene depozitate în vase Dewar. Autori : Chioreanu V., Coita V., Bălan S. (I.P. Timișoara)
12. Considerații privind utilizarea aliajului argint-cupru în realizarea contactelor electrice de comutație. Autori : Dumitrescu Gh., Gavrita Fl., Parizianu M., Andrei I. (I.C.P.E. București)

13. Criterii de selecție a unor dielectrici organici care sînt supuși la radiații ionizante. Comportarea unor dielectrici la radiații ionizante. Autor: Cruceru C. (Univ. Galați)
14. Instalații de încercare a unor noi tipuri de dielectrici. Autor: Cruceru C. (Univ. Galați)
15. Cercetări experimentale efectuate asupra dielectricilor organici care se produc în țară, la radiații ionizante. Autor: Cruceru C. (Univ. Galați)
16. Asupra alegerii criteriului de defectare în evaluarea duratei de viață a materialelor electroizolante termorigide. Autor: Marton A. (I.S. Reșița)
17. Variația rezistenței electrice a straturilor subțiri de Ni—Cr cu frecvență. Autori: Birjega M., Popescu Pogrior (I.F.T.M. București), Tîrnoveanu M. (I. P. București)
18. Srudiul proprietăților feritelor de BaSiSr corelat cu microstructura. Autori: Covaci I. (I.F. Urziceni), Drăgoi D. (I.F. Urziceni), Drăghici C., Tîrnoveanu M. (I.P. București), Popescu-Pogrion N. (I.F.T.M. București)
19. Aplicarea procesului de sinterizare cu aditiv la realizarea materialelor AgCdO cu caracteristici îmbunătățite. Autori: Soptea E., Lungu P., Roman P. (I.C.P.E. București)
20. Cercetări privind comportarea la uzură electrică a contactoarelor TCA 6—32 A utilizînd contacte din aliaje argint-cupru și argint-cupru-nichel. Autori: Andrei I., Barbu I., Oprescu C., Dumitrescu Gh., Neacșu V. (I.C.P.E. București)
21. Studiu comparativ asupra proprietăților materialelor de contact sinterizate din argint-nichel. Autor: Gavriliu Șt. (I.C.P.E. București)
22. Soluție pentru realizarea contactelor electrice între suprafețe de metale diferite la clemele de legătură electrică. Autori: Tița E., Drăghicescu C. (ICEMENERG București), Dumitrescu T.C. (M.C.Ind. București)

Secția *9 — Aparate electrice*

1. Realizarea funcțiilor de comandă și control ale aparatelor electrice folosind tehnici numerice. Autori: Vasilievici Al., Petriu E., Fântână N. (I.P. Timișoara)
2. Influențele încărcării inițiale și ale temperaturii mediului asupra caracteristicilor termice ale receptoarelor. Autori: Baraboi I., Leonte P., Hnatiuc E. (I.P. Iași)
3. Asupra distribuției cîmpului magnetic produs de o bobină circulară. Autor: Fântână N. (I.P. Timișoara)
4. Teoria comutatorului poli-monofazat ideal. Autor: Matlac I. (Univ. Brașov)
5. Încercarea accelerată la uzură electrică a contactelor pentru contactoare. Autori: Popescu C., Popescu M. (I.P. București)
6. Asupra măsurării parametrilor arcului electric în aparatele electrice de comutație de înaltă tensiune. Autori: Defta M., Curcanu G. (C.C.S.I.T. Electroputere Craiova)
7. Asupra unor fenomene tranzitorii la încercarea în regim capacitiv a întreruptorului IUP-M-27,5 kV 1250 A. Autori: Tușaliu P. (Univ. Craiova), Curcanu G. (C.C. S.I.T. Electroputere Craiova), Bălășoiu T. (I.U.G. Craiova), Drăghici I. (C.C.S.I.T. Electroputere Craiova)
8. Noi aspecte ale utilizării metodelor sintetice la încercarea întreruptoarelor de înaltă tensiune. Autori: Onu V., Mihalcea E. (ICEMENERG București)
9. Studiul mecanismului de apariție a supratensiunilor la deconectarea motoarelor electrice. Preocupări pentru stabilirea schemei echivalente de încercare în laboratorul de mare putere. Autor: Onu V. (ICEMENERG București)
10. Contribuții la determinarea repartiției cîmpului termic din siguranțele de înaltă tensiune, în regim staționar și tranzitoriu. Autor: Peicov Al. N. (Univ. Craiova)
11. Aspecte privind funcționarea siguranței-comutator într-un circuit cu parametri variabili. Autori: Marinescu I., Giurgiu V., Popescu Gh., Vascan T., Goni F. (ICPE București)
12. Considerații asupra prezentării caracteristicilor siguranțelor ultrarapide. Autor: Barbu I. (I.C.P.E. București)
13. Considerații privind analogia fenomenelor electronice din siguranțe și semiconductoare. Autor: Barbu I. (I.C.P.E. București)
14. Siguranțe ultrarapide românești de joasă tensiune 660 V, 16—500 A. Autori: Barbu I., Bejinariu N. (I.C.P.E. București)
15. Siguranțe cu mare putere de rupere pentru material rulant. Autori: Barbu I., Bejinariu N. (I.C.P.E. București)
16. Serie de siguranțe tubulare de joasă tensiune de tip 9I și tip aM. Autori: Barbu I., Eliade R. (I.C.P.E. București)
17. Forța de atracție la electromagneții cu armătura în „T". Autori: Cividjian Gr.A., Popa I., Leoveanu M. (Univ. Craiova)
18. Stabilirea condiției de acționare sigură a electromagneților de curent continuu cu flux de pornire nul și resort antagonist. Autori: Hnatiuc E., Leonte P., Baraboi A. (I.P. Iași)
19. Studiul comportării în regim forțat a electromagneților de curent alternativ considerați ca sisteme conservative de conversie a energiei. Autori: Hnatiuc E., Baraboi A., Leonte P. (I.P. Iași)
20. Vibrator electrodinamic cu autoblocare pentru antrenarea lineară a sîrmelor. Autori: Suciu I., Delsega I., Mărgeloiu D. (I.P. Timișoara)
21. Dispozitiv de protecție și limitare a mersului în gol aplicabil la mașinile unelte. Autor: Moldovan L. (I.P. Timișoara)
22. Unele aspecte privind construcția și funcționarea reactoarelor comandate ortogonal. Autori: Baraboi A., Leonte P., Hnatiuc E. (I.P. Iași)
23. Asupra proiectării și realizării unor standuri pentru testarea la vibrații a echipamentelor. Autori: Darie S., Colosi T., Bălan H. (I.P. Cluj-Napoca)

Secția *10 — Transportul și distribuția energiei electrice*

1. Aspecte privind alimentarea cu energie electrică a întreprinderilor industriale din România. Autori: Armencoiu N., Albert H., Ciobanu M. (I.S.P.E. București)
2. Probleme actuale ale alimentării cu energie electrică a consumatorilor industriali. Autor: Ciobanu M. (I.S.P.E. Buc.)
3. Optimizarea funcționării instalațiilor de turnat aluminiu sub presiune. Autor: Heinrich I. (I.P. Timișoara)
4. O nouă metodă de calcul a pierderilor de putere și energie pe linii cu considerarea efectului capacitiv. Autor: Militaru P. (I.S.P.E. București)
5. Precizări privind pierderile de mers în gol a liniilor electrice de înaltă tensiune. Autori: Cristescu D., Măgureanu Gh. (I.P. București)
6. Posibilități de utilizare a contorului de pierderi pentru evaluarea pierderilor de energie electrică în rețelele de distribuție urbană. Autori: Poeată A., Georgescu Gh., Baraboi A. (I.P. Iași), Sufletel N. (I.R.E. Iași)
7. Determinarea consumului tehnologic de energie în rețelele electrice, pe bază de informații sintetice. Autori: Bălan Gh., Constantinescu J., Bilegan L. (ICEMENERG București)
8. Variațiile evasialeatoare ale tensiunii la rețelele electrice de distribuție. Autor: Bogoevici N. (I.P. Timișoara)
9. Introducerea unor operatori de tip salt pentru determinarea armonicilor superioare dintr-o rețea electrică care alimentează consumatori deformanți. Autor: Arie A. (I.P. București)
10. Indicatori de stare pentru fenomenul deformant și nesimetric Autor: Arie A. (I.P. București)
11. Calitatea energiei livrate în regim deformant. Autori: Popescu M. (ICEMENERG București), Popescu F. (D.E.N. București)
12. Folosirea componentelor simetrice ale liniilor electrice compensate, pentru calculul căderilor de tensiune în liniile electrice necompensate. Autori: Arie A., Dumitriu C. (I.P. București)

13. Utilizarea T.F.D. la identificarea unor parametri în rețelele sistemelor electroenergetice. Autori : Cîrțînă Gh., Țițariu A., Pușcă A. (I.P. Iași)
14. Îmbunătățirea condițiilor de dimensionare ale liniilor aeriene de energie electrică în raport cu solicitările (încărcările) provenite din factorii climato-meteorologici ca urmare a îmbogățirii fondului de date și experienței de funcționare. Autori : Militaru P., Neag Z., Dinu-Popa M. (I.S.P.E. București).
15. Unele probleme actuale ale proiectării stațiilor electrice de înaltă și foarte înaltă tensiune din România. Autori : Petre N., Rașcu P., Stoleru B., Voinea D. (I.S.P.E. București)
16. Unele probleme privind dimensionarea echipamentelor la solicitări de scurtcircuit. Autori : Albert H., Hüchert S., Ionescu N. (I.S.P.E. București)
17. Metodă și algoritm de calcul al regimului termic de funcționare al rețelelor electrice în cablu pozate subteran. Autor : Cruceru N. (Univ. Galați)
18. Analiza comparativă, pe baza datelor statistice și a calculelor privind siguranța în funcționare, a comportării în exploatare a unor stații de 110 kV. Autori : Bogan M., Bădin M. (I.S.P.E. București)

Secția *11 — Supratensiuni și coordonarea nivelului de izolație*

1. Măsurarea pierderilor prin descărcarea corona pe liniile de 400 kV, efectuată în țară. Autori : Drăgan G., Cristescu D., Ungureanu M., Postolache P., Măgureanu Gh. (I.P. București), Badea P., Enache R. (ICEMENERG București)
2. Pierderi corona pe linii electrice aeriene dublu circuit din sistemul național de 400 kV. Autori : Cristescu D., Măgureanu Gh., Marinescu N. (I.P. București)
3. Unele aspecte fizice ale descărcării corona de impuls. Autori : Drăgan C., Lungu I. (I.P. București)
4. Aspecte teoretice și experimentale ale fenomenelor de înaltă frecvență pe conductoarele LEA sub acțiunea descărcării corona. Autori : Cristescu D., Ungureanu M. (I.P. Buc.)
5. Influența electromagnetică a liniilor de foarte înaltă tensiune asupra mediului înconjurător. Autori : Cristovici A., Vatră F. (I.S.P.E. București)
6. Stabilirea nivelului perturbator și a zgomotului acustic al LEA. Autori : Cristescu D., Ungureanu M. (I.P. București)
7. Legarea la pămînt a neutrului rețelelor subterane de medie tensiune prin reactanță. Autori : Gușă M., Gavrilaș N., Asaftei C. (I.P. Iași)
8. Calculul factorului de supratensiune la scurtcircuit monofazat sau punere la pămînt în rețelele de tensiune tratate prin rezistor de limitare. Autor : Nemeș M. (I.P. Timișoara)
9. Metodă de calcul al supratensiunilor datorate conectării la linia cu reactor transversal. Autor : Nemeș M. (I.P. Timișoara)
10. Unele considerații privind caracteristicile statistice ale supratensiunilor de comutație. Autor : Enache R. (I.P. București)
11. Aspecte ale influenței formei supratensiunilor de comutație asupra determinării riscului de descărcare a izolației liniilor de înaltă tensiune. Autor : Enache R. (I.P. București)
12. Contribuții la modelarea comportării în regim de exploatare a transformatoarelor de tensiune capacitive în rețelele I.R.E. Autori : Chiuță I.N. (I.P. București), Rășanu S. (I.R.E.B.), Mircea I., Preda I. (I.P. București)
13. Progrese în tehnica de încercare a transformatoarelor de putere la acțiunea supratensiunilor de comutație. Autor. Marinescu A. (C.C.S.I.T. Electroputere Craiova)
14. Instalația electronică de măsură a curentului din rețelele de înaltă tensiune. Autor : Gaber E. (C.C.S.I.T. Electroputere Craiova)
15. Aspecte legate de funcționarea instalațiilor capsulate cu SF_6 și de probleme de coordonarea izolației .Autori : Cristescu D. (I.P. București), Stroică Gh. (I.R.E. Craiova)
16. Regimul tranzitoriu, cvasistaționar al ecranului electromagnetic dintr-un laborator de înaltă tensiune. Autori : Coatu S., Nicoară B. (I.P. București)
17. Folosirea betonului electroizolant ca element de izolație pentru LEA de medie tensiune. Autori : Negru V., Pop E., Titihăzan V., Chirleșan A., Nicolaescu A. (I.P. Timișoara)
18. O nouă aproximație a funcției de repartiție a amplitudinii curentului de trăsnet. Autori : Drăgan G., Băran I., Craiu M. (I.P. București)
19. Forma reală a undei de supratensiune atmosferică care solicită izolația liniilor de înaltă tensiune. Autori : Drăgan G., Munteanu S. (I.P. București)
20. Aspecte legate de influența dezvoltării trăsnetului asupra căderii acestuia în instalațiile de transport al energiei electrice. Autor : Cristescu D. (I.P. București)
21. Probabilitatea de apariție a supratensiunilor atmosferice induse. Autori : Drăgan G., Munteanu S. (I.P. București)
22. Intensitatea cîmpului electric în instalațiile electroenergetice de înaltă tensiune. Autori : Colțeanu M. (I.P. București), Drăgan L. (Energomontaj București)
23. Materiale electroizolante folosite în tehnologiile de lucru sub tensiune în rețelele electrice de înaltă tensiune. Autori : Drăghicescu C., Munteanu C. (ICEMENERG Buc).
24. Aspecte privind tehnica securității muncii la lucrările în instalațiile electrice sub tensiune. Autori : Munteanu C., Drăghicescu C. (ICEMENERG București)

Secția *12 — Funcționarea și reglarea sistemelor electroenergetice*

1. Estimarea regimului optim al unui sistem electroenergetic. Autor : Potolea E. (I.P. București)
2. Utilizarea covarienței de selecție la întocmirea modelelor de optimizare. Autori : Cîrțînă Ch., Sufletel N., Grigoriu M., Hazi Gh. (I.P. Iași)
3. Contribuții privind optimizarea funcționării sistemelor electroenergetice industriale în contextul sistemului electroenergetic național. Autori : Zărnescu H., Sarchiz, D. (I.I.S. Tîrgu Mureș), Ciungaru I. (I.C.P.E.T. Filiala Cluj-Napoca)
4. Reglajul automat al tensiunii și puterii reactive în rețeaua de transport de energie electrică a SEN-criteriu pentru reducerea consumului propriu tehnologic în rețele. Autori : Armencoiu A., Neagu V. (ICEMENERG București)
5. Regimuri caracteristice de putere în sistemele electroenergetice. Autori : Ionescu S., Ungureanu E. (ISPE Buc.)
6. Regimuri și secțiuni caracteristice din punctul de vedere al stabilității funcționării SEN — RSR. Creșterea puterilor transportabile admisibile în secțiunile critice ale SEN prin utilizarea automaticii de sistem. Autori : Rădoi Gh., Niculescu A. (D.E.N. București)
7. Aspecte privind aprecierea stabilității statice a sistemelor electroenergetice complexe. Autor : Luștrea B. (I.P. Timișoara)
8. Punerea problemei în modelarea sistemelor energetice pentru calculul contingențelor. Autor : Itoafă Al. (D. E.N. București)
9. Echivalenți pentru modelarea sistemelor exterioare neobservabile utilizabili în analiza contingențelor. Partea I. Autor : Itoafă Al. (D.E.N. București)
10. Echivalenți pentru modelarea sistemelor exterioare neobservabile utilizabili în analiza contingențelor. Partea II. Autor : Itoafă Al. (D.E.N. București)
11. Procese tranzitorii de tip electromecanic în sistemul energetic național. Autori : Mihăileanu C., Constantinescu J. (ICEMENERG București)

12. Echivalenţi dinamici în studiul stabilităţii tranzitorii a sistemelor electroenergetice vaste. Autori : Eremia M., Bulac A., Bulac C., Crisciu H. (I.P. Bucureşti)
13. Model matematic şi pachet de programe pentru analiza stabilităţii sistemelor electroenergetice complexe şi optimizarea valorii parametrilor sistemelor automate de reglare a excitaţiei. Partea I. Modelul matematic. Autori : Crişan O., Kilyeni Şt. (I.P. Timişoara)
14. Model matematic şi pachet de programe pentru analiza stabilităţii sistemelor electroenergetice complexe şi optimizarea valorii parametrilor sistemelor automate de reglare a excitaţiei. Partea II. Tehnici numerice. Programul de calcul. Autori : Crişan O., Kilyeni Şt. (I.P. Timişoara)
15. Optimizarea valorii parametrilor sistemelor automate de reglare a excitaţiei aferente generatoarelor de mare putere din cadrul sistemelor electroenergetice complexe. Autori : Crişan O., Kilyeni Şt. (I.P. Timişoara)
16. Model pentru studiul dinamicii pe termen mediu a sistemelor electroenergetice. Utilizarea echivalenţilor REI-DIMO de sistem. Partea I. Autor : Constantinescu J. (ICEMENERG Bucureşti)
17. Model pentru studiul dinamicii pe termen mediu a sistemelor electroenergetice. Utilizarea echivalenţilor REI-DIMO de sistem. Partea II. Autor : Constantinescu J. (ICEMENERG Bucureşti)
18. Comportarea grupurilor supraconductoare în condiţiile particulare ale sistemului energetic românesc. Autor Drăgan D. (Academia Militară Bucureşti)
19. Geodezicele maşinii sincrone. Autori : Giosan T., Simion A., Harghel S. (I.P. Iaşi)
20. Posibilităţi de utilizare a modelelor matematice aferente unui regulator de viteză electrohidraulic destinat echipării hidroagregatelor. Autori : Preitl Şt., Gîrlaşu M. (I.P. Timişoara), Grando I. (C.C.S.I.T.E.H. Reşiţa)
21. Încadrarea unor probleme de funcţionare şi reglare a sistemelor electroenergetice în teoria sistemelor automate. Autori : Giosan T., Pal C., Lazăr C. (I.P. Iaşi)
22. Algoritm de optimizare a unei clase de sisteme dinamice neliniare cu aplicabilitate în electroenergetică. Autori : Alexandrescu V., Tiţaru I. (I.P. Iaşi)

Secţia *13 — Conducerea, comanda şi planificarea dezvoltării sistemelor electroenergetice*

1. Consideraţii asupra funcţionării şi conducerii unui sistem electroenergetic. Autor : Drăgan G. (I.P. Bucureşti)
2. Modelele REI. Origine şi perspective. Autor : Dimo P. (ICEMENERG Bucureşti)
3. Probleme actuale ale dezvoltării SEN al RSR. Autori : Armencoiu N., Manolescu G. (I.S.P.E. Bucureşti)
4. Prognoza energiei prin comparaţii internaţionale. Autori : Buta A., Moga M., Surianu Fl. (I.P. Timişoara)
5. Aspecte privind utilizarea minicalculatoarelor de proces în automatica de sistem. Autori : Cristovici A., Vatră F. (I.S.P.E. Bucureşti)
6. Îmbunătăţirea analizelor de siguranţă a funcţionării SEN prin perfecţionarea modelelor de calcul ce includ echivalenţi de tip REI-DIMO, actualizate on-line. Autori : Pomârleanu M., Bejuscu L. (ICEMENERG Bucureşti)
7. Analiza condiţiilor de funcţionare ale automaticilor din SEN de detectare a pierderii sincronismului, studiate pe perioada proceselor tranzitorii postavarie. Autori : Broşteanu Gh., Crăciun G., Ganea M. (DEN Buc.)
8. Posibilităţi de creştere a eficienţei automaticii de sistem pentru limitarea extinderii efectului perturbaţiilor grave în reţea. Autori : Moraite G., Gheorghe O. (I.S.P.E. Bucureşti)
9. Concepte ierarhizate privind siguranţa în funcţionarea instalaţiilor energetice. Autor : Albert H. (I.S.P.E. Buc.)
10. Modele pentru aprecierea ponderii unei componente în fiabilitatea sistemului în scopul optimizării acestuia. Autor : Ivas D. (I.P. Iaşi)
11. Aplicarea teoriei grafurilor în studiul stărilor unui proces Marcov. Autori : Nitu-Cearna P., Cîmpeanu H. (D.E.N. Bucureşti)
12. Aspecte privind costul siguranţei în funcţionare în instalaţiile electrice. Autori : Stein M., Mateescu D., Diaconu Şt. (I.S.P.E. Bucureşti)
13. Cu privire la siguranţa în funcţionare a releelor direcţionale. Autor : Ivaşcu C. (I.P. Timişoara)
14. Analiza măsurilor pentru creşterea siguranţei în funcţionare a instalaţiilor de protecţie prin relee din sistemul de 400 kV. Autori : Columbeanu P., Petran M. (I.S.P.E. Bucureşti)
15. Obţinerea selectivităţii în descărcarea automată a sarcinii la scăderea frecvenţei. Autor : Chenzbraun I. (D.E.N. Bucureşti)
16. Optimizarea funcţionării protecţiei de distanţă la scăderea sau dispariţia tensiunilor alternative. Autor. Pantea Al. (I.R.E. Ploieşti)

A IV-a Consfătuire de lucru: „Influenţe reciproce între instalaţiile energetice şi mediul înconjurător"

În Sala de Festivităţi a Cabinetului Judeţean de Partid Mureş, s-au desfăşurat în zilele de 11—12 noiembrie 1982 lucrările celei de a IV-a Consfătuiri de lucru cu tema : „Influenţe reciproce între instalaţiile energetice şi mediul înconjurător" organizată de Institutul Central de Cercetări Energetice, în colaborare cu Întreprinderea Electrocentrale Mureş.

Lucrările consfătuirii au fost conduse de tov. dr. ing. Călin Mihăileanu, director general al ICCE.

La deschiderea festivă au participat ca invitaţi : tov. Mihail Florescu, ministru secretar de stat — din partea Consiliului Naţional de Ştiinţă şi Tehnologie, tov. Ernest Szötyöri, prim-vicepreşedinte şi tov. Angela Isăroiu, secretar cu probleme economice — din partea Consiliului Judeţean PCR Mureş şi tov. dr. Matei Barnea, conferenţiar la IMF Bucureşti, — din partea Consiliului Naţional pentru Protecţia Mediului Înconjurător.

Tov. Mihail Florescu a scos în evidenţă în cuvîntarea sa importanţa pe care o acordă conducerea de partid şi de stat dezvoltării energeticii, atingerii independenţei energetice a ţării, precum şi grija manifestată în ţara noastră pentru protecţia mediului înconjurător. Vorbitorul a urat succes lucrărilor consfătuirii din partea conducerii CNST, a tov. acad. dr. ing. Elena Ceauşescu, personal.

În alocuţiunea rostită la deschiderea lucrărilor consfătuirii, dr. ing. Călin Mihăileanu s-a referit pe larg la dezvoltarea energeticii româneşti, la preocuparea continuă privind găsirea unor surse noi de energie, modalităţile de conversie a energiei, utilizarea surselor noi şi neconvenţionale de energie. S-a subliniat importanţa deosebită a problemelor

de protecţie a mediului înconjurător ce urmează a fi dezbătute în contextul influenţelor reciproce între instalaţiile energetice şi mediu.

Tov. Ernest Szötyöri a prezentat activitatea intensă depusă în judeţul Mureş de organele de partid şi de stat pentru dezvoltarea energeticii şi a industriei în general, ca şi pentru protejarea mediului înconjurător.

Luînd cuvîntul din partea CNPMI, tov. dr. Matei Barnea a arătat grija manifestată în ţara noastră pentru sănătatea omului, pentru menţinerea echilibrului ecologic etc., precum şi măsurile luate în cadrul M.E.E. pentru reducerea aportului centralelor electrice la poluarea mediului înconjurător.

Au fost prezentate, în cele două zile ale consfătuirii de lucru, un număr de 41 de lucrări, repartizate în patru secţiuni :

I. *Surse de poluare:*

1. Cenuşa de termocentrală şi mediul înconjurător (chim. M. Precup, ICEMENERG, ing. R. Schmidt-ISPE, ing. C. Cuibac-ICEMENERG).
2. Problema funcţionării în lanţ a centralelor Rovinari, Turceni, Craiova din punctul de vedere al protecţiei mediului acvatic (dr. ing. Florica Ardeleanu-ICEMENERG, conf. dr. ing. A. Măruţă-ICB).
3. Probleme privind poluarea instalaţiilor electrice în zona combinatelor chimice Tîrgu-Mureş şi Tîrnăveni (ing. Bella Balaşi-IRE Mureş, ing. E. Andonie-IRE Mureş).
4. Poluarea termică a rîului Mureş (ing. B. Tökes, ing. I. Szöcs, ing. A. Bodiş-CSA Mureş).
5. Problemele consumului de energie şi efectul instalaţiilor energetice asupra mediului înconjurător (mat. Elekes I.-IMH).
6. Asupra poluării viitoare cu SO_2 a Bucureştiului datorită centralei termice Progresu (mat. N. Romanof, mat. S. Sonoc-IMH).
7. Generalizarea unor rezultate privind dispersia penelor de fum peste zone cu relief accidentat (prof. dr. ing. A. Radu, prof. dr. ing. I. Hîncu, ş.l. dr. ing. V. Radu, as. ing. M. Luca — IP Iaşi).
8. Poluarea produsă de termocentrale, riscuri pentru sănătate (cercet. şt. pr. I. Ionescu — IISP Bucureşti).

II. *Metode şi aparate de măsură a gradului de poluare şi prognoză:*

1. Evoluţia mediului înconjurător spre criza sa actuală generată de poluare (dr. chim. Maria Maftei — ICEMENERG).
2. Prognoza emisiilor de noxe în gazele de ardere ale centralelor termoelectrice, concluzii rezultate din datele unare de exploatare (conf. dr. ing. C. Moţoiu, ş.l. ing. V. Muşatescu — IPB).
3. Unitate senzor pentru urmărirea concentraţiei de SO_2 în aerul ambiant (dr. ing. I. Radu, ing. C. Anghel, ing. C. Kreindler — ICPE).
4. Instalaţie automată pentru urmărirea concentraţiei de praf la emisie (dr. ing. I. Radu, ing. R. Ionescu — ICPE).
5. Consideraţii privind efectul standardelor de calitate a aerului asupra stabilirii prin calcul a înălţimii coşurilor de termocentrale (fiz. Rodica Şerban, fiz. I. Moroianu — IMH).
6. Sisteme de supraveghere şi control a calităţii aerului (mat. D. Mihu — IMH).
7. Prognoza efectelor poluante a CET Tîrgu-Mureş asupra mediului, în contextul nocivităţilor existente şi al condiţiilor geografice (arh. T. Nits — IPJ Mureş).
8. Aplicarea metodelor electrochimice la studiul proceselor de coroziune în atmosfere industriale (ing. Rodica Andone — ICPE).

III. *Procedee pentru menţinerea calităţii mediului înconjurător şi valorificarea produsului rezultat:*

1. Aspecte privind reducerea poluării atmosferice prin introducerea pocedeelor de gazeificare a combustibililor solizi (ing. Magdalena Matei, ing. D. Pillat — ICEMENERG).
2. Reducerea poluării apelor de suprafaţă prin optimizarea regimului de exploatare a instalaţiilor de demineralizare din termocentrale (ing. Ana Nicolescu, chim. Alice-Anca Cocoş — ICEMENERG).
3. Tendinţa actuale de desulfurare a gazelor de ardere de la termocentrale (dr. ing. Călin Mihăileanu, dr. chim. Maria Maftei, ing. C. Moţiu, chim. Eleonora Ataman — ICEMENERG).
4. Reducerea noxelor de pe traseul gazelor de ardere din cazanele de abur prin utilizarea aditivului de combustie (ing. Viorica Neaţu, ing. Pătra Dordea, ing. Magdalena Matei — ICEMENERG).
5. Instalaţii de atenuare a zgomotului generat de eşapările de abur ale cazanelor de 1035 t/h (ing. A. Cerbureanu, fiz. Stela Candiani — ICEMENERG).
6. Desulfurarea gazelor de ardere de la termocentrale prin adsorbţie pe cărbune activ (prof. dr. ing. E. Pincovschi, dr. ing. S. Lanny, ing. M. Belcu — IPB).
7. Stabilirea diagramelor de încărcare ale adsorbanţilor în strat fluidizat (prof. dr. ing. E. Pincovschi, ing. M. Belcu — IPB).
8. Influenţa poluanţilor din sursele de apă de suprafaţă asupra instalaţiilor de tratare a apei şi a regimului chimic din termocentrală (chim. Aurelia Bolma, chim. Elena Chirica — ICEMENERG).
9. Preocupări ale M.E.E. în vederea asigurării calităţii factorilor de mediu (ing. N. Radu — MEE — DT).
10. Valorificarea bioxidului de sulf din gazele de ardere de la termoncentrale (ing. P. Potop, ing. M. Suciu, ing. Adriana Copaci — ICITPIAMN).
11. Aspecte privind poluarea atmosferică cu oxizi de sulf la arderea păcurii sulfuroase în cazanele de abur (ing. Lileta Gherghel, chim. M. Precup — ICEMENERG).
12. Aspecte ale cercetării ştiinţifice în ţara noastră din domeniul desprăfuirii electrostatice, aplicat în centrale termice (ing. Rodica Macarie, ing. Georgeta Hristescu, sing. Ecaterina Zissulescu, ing. Elena Florică, ing. Elena Dămăceanu, dr. ing. I. Nistor — ICSITEEMR).
13. Cercetări de laborator privind procesul de desulfurare la arderea lignitilor în strat fluidizat (ing. L. Dragoş, fiz. Elena Dămăceanu, ing. Ecaterina Zissulescu, dr. ing. I. Nistor — ICSITEEMR).
14. Procedee de desulfurare a cărbunelui (ing. W. Gooss — ICEMENERG).
15. Aspecte privind depoluarea gazelor de ardere cu conţinut de SO_2 de la termocentrale (dr. chim. Maria Maftei, ing. Rodica Rădulescu, ing. C. Moţiu — ICEMENERG, ing. Elena Stănescu — IITPIC).
16. Posibilităţi de reducere a poluării apelor evacuate din termocentrale prin utilizarea procedeelor de separare a păcurii din ape (ing. Raluca Căpriţă — ICEMENERG).
17. Sursele de poluare a apelor de suprafaţă de către termocentrale şi măsuri de prevenire (chim. T. Beziris, chim. M. Chirica — ICEMENERG).

IV. *Implicaţii ale poluării mediului înconjurător în funcţionarea agregatelor energetice.*:

1. Influenţa poluanţilor asupra instalaţiilor electroenergetice (chim. E. Ataman, ing. C. Fezi, ing. Moţiu C — ICEMENERG).

2. Comportarea aparatajului electric de joasă tensiune în atmosfere industriale impurificate cu hidrogen sulfurat (ing. V. Curelea, ing. H. Cruceru, ing. R. Andone, ing. H. Salgo — ICPE).

3. Sisteme de protecţie galvanică şi prin vopsire, rezistente în atmosfere poluate cu hidrogen sulfurat (ing. R. Andone, ing. M. Salgo, chim. S. Minea, ing. E. Strafalogea — ICPE).

4. Sisteme complexe de protecţie anticorosivă pe bază de metalizare şi vopsire, rezistente în mediu cu agresivitate chimică (ing. U. Păunel — ISIN Timişoara).

5. Sisteme de protecţie rezistente la corosiune pentru construcţiile şi instalaţiile din combinatele de produse chimice (ing. Ana Maria Păunel — INCERC).

6. Influenţa poluanţilor din riul Mureş asupra funcţionării sigure şi economice a CTE Iernut (ing. C. Fazakas — IE Mureş).

7. Aspecte privind dimensionarea izolaţiei instalaţiilor electrice din zonele de poluare (dr. ing. G. Stroică, ing. M. Ochian, ing. G. Popa — IRE Craiova).

8. Studii privind comportarea cablurilor şi a conductelor din izolaţie din PVC la acţiunea hidrogenului sulfurat (ing. I. Andrieş, ing. Irina Popa, ing. T. Stan — ICPE)l

Masa rotundă din ziua de 11 noiembrie 1982 cu tema „Instalaţiile energetice din sistemul energetic şi mediul înconjurător (moderator: ing. C. Drăghicescu — ICEMENERG) a dezbătut următoarele probleme:

1. Contribuţia energiei electrice şi a dezvoltării sale la ameliorarea mediului înconjurător.

2. Influenţa poluanţilor atmosferici asupra instalaţiilor electrice.

3. Efectele cîmpului electric de mare intensitate produs de instalaţiile electrice de înaltă şi foarte înaltă tensiune asupra mediului înconjurător.

4. Utilizarea energiei electrice şi protecţia împotriva accidentelor prin electrocutare.

Din referatele prezentate în cadrul consfătuirii, precum şi din discuţiile purtate pe marginea lor, au rezultat următoarele:

1. Necesitatea reducerii poluării atmosferei cu pulberi, avîndu-se în vedere faptul că efectul poluării cumulate (cu gaze şi pulberi) asupra subiecţilor umani este mai mare decît suma efectelor individuale ale celor doi poluanţi luaţi în parte.

2. Oportunitatea revizuirii amplasamentului pentru viitoarea centrală termică a municipiului Tîrgu Mureş, pentru a se evita poluarea zonelor locuite şia Fabricii de materiale fotosensibile. Studierea posibilităţii funcţionării centralelor termice şi a altor unităţi pe combustibili nesulfuroşi în perioadele în care poluarea atmosferei ar putea crea episoade acute (în sezonul rece, în perioadele de ceaţă, pauze de vînt, inversiune termică etc.).

3. Necesitatea îmbunătăţirii normelor a sanitare prezente (imisie).

Studierea posibilităţii elaborării şi impunerii unor norme de emisie (pe tehnologie sau pe produs) pentru a se putea controla poluanţii emişi la sursă (nu numai cei regăsiţi în atmosferă).

4. Studierea posibilităţilor de reducere a poluării viitoare a municipiului Bucureşti cu pulberi şi bioxid de sulf la intrarea în funcţiune a termocentralei Bucureşti Progresul (pe lignit).

5. Necesitatea îmbunătăţirii randamentului de desprăfuire al electrofiltrelor şi dotarea obligatorie a tuturor surselor fixe emiţătoare de particule poluante cu electrofiltre eficiente.

6. Necesitatea dezvoltării şi perfecţionării tehnicii de ardere în pat fluidizat pe piloţii existenţi (ICSITEEMR). Urgentarea proiectării şi omologării cazanelor de talie mare cu arderea în pat fluidizat.

7. Necesitatea studierii şi experimentării în continuare a tehnologiilor de depoluare a gazelor de ardere; preluarea cît mai rapidă a datelor obţinute în testele pe piloţi sau micropiloţi în vederea proiectării instalaţiilor de depoluare de talie industrială.

8. Necesitatea studierii influenţei cîmpului creat de liniile de înaltă şi foarte înaltă tensiune asupra organismului uman şi a mediului înconjurător, în general.

ing. C. Moţiu şi chim. E. Ataman — ICEMENERG

A V-a sesiune de comunicări tehnico-ştiinţifice, „Producerea, transportul, distribuţia şi utilizarea raţională a energiei—IRE Suceava—1982

Printre manifestările tehnico — ştiinţifice importante din ultimele luni ale anului 1982, care au reunit specialişti din domeniul energetic, ca şi din alte domenii înrudite cu energetica, se înscrie şi cea de-a V-a sesiune de comunicări tehnico-ştiinţifice, ce a avut loc în zilele de 12—13 noiembrie la Întreprinderea de reţele electrice Suceava. Această sesiune se organizează bienal de către IRE Suceava, începînd din anul 1974, şi abordează o tematică variată privind producerea, transportul, distribuţia şi utilizarea raţională a energiei, la care îşi aduc aportul reputaţi cercetători, cadre didactice universitare, proiectanţi şi specialişti din domeniul exploatării şi întreţinerii instalaţiilor energetice, din toată ţara.

Integrată în cadrul manifestărilor Festivalului Naţional „Cîntarea României", ediţia de anul acesta a acestei reuniuni tehnico-ştiinţifice organizată de IRE Suceava sub egida Comisiei judeţene de organizare şi coordonare a acţiunii de creaţie ştiinţifică şi tehnică Suceava, s-a situat la un nivel ridicat faţă de ediţiile precedente, atît din punctul de vedere al numărului de comunicări, cît şi prin conţinutul şi nivelul acestora.

La sesiune au participat tovarăşii: Floarea Leuştean — secretar al Comitetului judeţean P.C.R. Suceava, ing. Ion St. Ion — Director adjunct al C.I.R.E., ing. T. Hîncu — din cadrul M.E.E., prof. dr. ing. Constantin Iamandi — rectorul Institutului de construcţii Bucureşti, prof. dr. doc. ing. Vasile I. Nitu — preşedintele secţiei energetice din cadrul CNIT, prof. dr. doc. ing. Andrei Ţugulea — decanul facultăţii de electrotehnică din cadrul I.P. Bucureşti, prof. dr. ing. Al. Poeată din cadrul facultăţii de electrotehnică — I.P. Iaşi.

Din cuvîntările rostite la şedinţa festivă de deschidere a sesiunii s-au reţinut aspecte deosebit de valoroase în legătură cu tematica acesteia, precum şi un puternic accent mobilizator privind preocupările specialiştilor în domeniile prioritare cu care se confruntă astăzi energetica românească.

La lucrările sesiunii au participat cu lucrări peste 180 de specialişti, din învăţămîntul superior (Institutul politehnic Bucureşti, Institutul politehnic Iaşi, Institutul de construcţii Bucureşti, Institutul politehnic Timişoara, Institutul politehnic Cluj-Napoca, Universitatea Braşov, Universitatea Craiova, Institutul de mine Petroşani), din cercetare şi pro-

Prezidiul celei de a V-a sesiuni de comunicări tehnico-ştiinţifice IRE Suceava — noiembrie 1982.

iectare (ISPE, ICEMENERG, ICSITIE, CCSIT Electroputere Craiova, CCSITEH Reşiţa, Institutul de economie industrială Bucureşti, INID, OSIM, Institutul de chimie Cluj-Napoca), întreprinderi de reţele electrice din cadrul CIRE (IRE Bacău, IRE Bucureşti, IDE Bucureşti, IRE Iaşi, IRE Ploieşti, IRE Sibiu, IRE Suceava), precum şi alte unităţi industriale şi de proiectare din judeţele Suceava, Botoşani şi din ţară.

Cele 153 referate, al căror conţinut abordează un domeniu foarte larg de probleme energetice, au fost grupate pe trei secţii :

I. *Economisirea energiei şi reducerea c.p.t. Surse convenţionale şi neconvenţionale de energie.*

II. *Instalaţii de automatizare, protecţie şi control în sistemele energetice. Conducerea şi siguranţa exploatării reţelelor sistemelor energetice.*

III. *Comportarea în exploatare a echipamentelor şi materialelor energetice. Noi soluţii constructive şi de proiectare a instalaţiilor energetice.*

Comunicările în plen au fost susţinute de autorii lucrărilor, iar pentru comunicările grupate pe cele trei secţii au fost prezentate rapoarte de sinteză, după care au urmat intervenţii ale autorilor de lucrări, discuţii, schimburi de opinii etc.

Din referatele prezentate, ca şi din numeroasele intervenţii ale participanţilor, au rezultat concluzii deosebit de importante şi utile, a căror transpunere în activitatea practică reprezintă un aport direct, efectiv, la îndeplinirea măreţelor sarcini ce revin sectorului energetic din ţară noastră, aşa cum rezultă din documentele abordate de cel de-al XII-lea Congres al P.C.R., cu privire la realizarea programului de dezvoltare a bazei energetice a ţării pînă în 1990 şi orientările, în acest domeniu, pînă în anul 2000.

Din concluziile desprinse sînt de reţinut următoarele :

— Necesitatea finalizării studiilor legate de normarea c.p.t. în reţelele electrice de transport şi distribuţie, în scopul introducerii unui sistem raţional de urmărire a diminuării consumurilor nejustificate, ţinînd seama de noile aspecte evidenţiate în lucrările sesiunii.

— Se apreciază rezultatele bune obţinute pînă în prezent cu privire la criteriile de optimizare privind funcţionarea reţelelor sistemului electroenergetic din punctul de vedere al reducerii pierderilor de putere activă, utilizînd strategii corespunzătoare referitoare la instalarea surselor de putere reactivă. Ideea de bază ce se desprinde din concluziile comunicărilor referitoare la această temă constă în aceea că diminuarea efectelor fenomenelor reactive şi deformante trebuie să se facă concomitent printr-o abordare unitară şi sistemică, după o strategie care implică montarea de surse de putere reactivă capacitivă şi filtre absorbante de aromonici de la consumator spre instalaţiile furnizorului de energie electrică.

— Bilanţurile energetice, ca metodă de mare eficienţă practică pentru identificarea tuturor posibilităţilor de raţionalizare şi economisire a energiei, se recomandă a fi elaborate într-o viziune sistemică, cu accent pe măsurile energo-tehnologice ce pot şi trebuie să ducă la importante economii de energie. De asemenea, în cadrul unor aceloraşi studii de bilanţuri, o atenţie deosebită trebuie să se acorde în continuare valorificării la parametrii superiori a resurselor energetice secundare (deşeuri vegetale, recuperarea căldurii deşeu din procesele industriale etc.). Avînd în vedere caracterul interdisciplinar al energeticii, elaborarea bilanţurilor energetice trebuie să aparţină unor colective lărgite de specialişti : energeticieni, tehnologi, informaticieni, economişti ş.a.

— S-au înregistrat unele succese în domeniul valorificării unor potenţiale energetice insuficient folosite, cum sînt potenţialul eolian şi, respectiv, micropotenţialul hidroenergetic. Rezultatele practice sînt însă încă modeste şi nu pe măsura posibilităţilor. Specialiştii din cercetare, învăţămînt şi producţie trebuie, ca prin unirea eforturilor, să contureze o concepţie unitară de proiectare, execuţie şi mod de exploatare a centralelor electrice mici (eoliene şi hidroelectrice), în scopul creşterii rentabilităţii lor. Este de reţinut faptul că întîrzierea realizării programelor judeţene de microhidroelectrificare se datorează, în general, şi întîrzierilor în realizarea şi furnizarea echipamentelor de către industria constructoare de maşini. În problema microhidrocentralelor intervenţiile făcute au scos în relief necesitatea producerii de microhidroagregate, în gama 0—100 kW, în ateliere meşteşugăreşti, pe plan local, cu creşterea aportului populaţiei şi a utilizării materialelor locale în construcţia acestor obiective.

— Urgentarea terminării şi punerii în funcţiune a sistemelor experimentale de teleconducere la nivelul reţelei electrice de distribuţie de 110 kV şi MT, la întreprinderile de reţele electrice la care se realizează aceste instalaţii, pentru a exista deci o bază de cercetare şi pentru a generaliza acel sistem care se va dovedi mai eficient. Experimentarea la IRE Suceava, Argeş şi Braşov a sistemelor teleinformatice de conducere a reţelelor electrice, va crea posibilitatea cuantificării eficienţei tehnico-economice privind promovarea unuia din aceste sisteme sau, eventual, a unei soluţii hibrid, la celelalte unităţi interesate.

— Promovarea de tehnologii şi echipamente noi în vederea creşterii productivităţii muncii în activitatea de exploatare şi întreţinere a instalaţiilor energetice, aplicarea de noi soluţii constructive şi de proiectare a instalaţiilor energetice cu performanţe tehnico-economice tot mai bune, luînd în considerare : reducerea efortului de investiţii, creşterea siguranţei în continuitatea alimentării cu energie, reducerea c.p.t. ş.a. Un accent deosebit s-a pus, în cadrul discuţiilor la această

tematică, pe problemele impactului instalațiilor energetice asupra mediului exterior, în mod deosebit, pe problemele influenței electromagnetice a cîmpului electric al liniilor de înaltă tensiune (400 și în viitor 750 kV) asupra organismului uman. Sub acest ultim aspect a rezultat necesitatea aprofundării studiilor interdisciplinare menite a norma foarte sever mărimile fizice caracteristice ale influenței electromagnetice a LEA de înaltă și foarte înaltă tensiune asupra omului și animalelor (cîmp electric, tensiune de pas etc.).

— Utilizarea la mai mare scară, a metodelor moderne și a tehnicii automate de calcul în vederea punerii în evidență a unor aspecte deosebite privind funcționarea sistemului energetic, care, considerate din faza de proiect, duc la reducerea pierderilor de energie, reducerea timpilor de indisponibilitate a echipamentului, utilizarea rațională a fondurilor de investiții etc.

— Se recomandă tuturor specialiștilor din cercetare, proiectare, învățămînt și producție, ale căror preocupări se situează în domeniul dezvoltării și al exploatării sistemelor energetice, să promoveze o largă colaborare prin schimburi de experiență și idei, utilizînd publicațiile OIDE — ICEMENERG, în legătură cu creșterea performanțelor sistemului energetic românesc sub toate aspectele.

Ing. Romulus Sfichi, IRE Suceava

Lista rapoartelor prezentate

Comunicări făcute în plenul sesiunii

1. Voinea,R. (I.P. București) : Cultura tehnică, componentă a culturii generale contemporane.
2. Nitu, V. (I.P. București) : Mutațiile în structura balanței de combustibili și influența lor asupra dimensionării și funcționării sistemului electroenergetic.
3. Țugulea, A. (I.P. București) : O generalizare a răspunsului tranzitoriu.
4. Poeată, Al. (I.P. Iași) : Probleme actuale ale ciberneticii sistemelor energetice.
5. Armencoiu, N., Manolescu, G. și Bordeian, N. (ISPE București) : Probleme actuale privind dezvoltarea rețelelor electrice de transport în România.
6. Militaru, P. (ISPE București) : Viitorul transportului energiei electrice.
7. Mișu, N. și Pop, E. (ISPE București) : Evoluția structurii producției de energie electrică în lumina orientărilor date de politica energetică a R.S.R.
8. Albert, H., Ciobanu, M. și Florea, I. (ISPE București) : Probleme actuale în alimentarea cu energie electrică a consumatorilor industriali.
9. Grigoriu, R., Petran, M. și Orendi, L. (ISPE București) : Probleme actuale și de viitor ale protecției prin relee și automatizărilor de sistem în sistemul energetic național.
10. Petrescu, A., Moisa, T., Tăpuș, N., Dobre, M., Constantinescu, C. și Atanasiu, I. (I.P. București) : Conducerea prin sistemul mini-microcalculator a stațiilor de distribuție a energiei electrice.
11. Fransua, Al., Măgureanu, R., Stănescu, D., (I.P. București), Kreindler, L., Danciu, G. și Marin, C., (IIS Electrotehnica București) : Echipamente de supraveghere și control pentru aplicații energetice.
12. Măgureanu, R. (I.P. București), Hogea, F. (IIRUC București), Marin, C. Kreindler, L. (IIS Electrotehnica Bucurști) : Sistem descentralizat de teleconducere a stațiilor de distribuție a energiei electrice.
13. Marcu, S. (ISPE București) : Considerațiuni referitoare la soluțiile actuale de realizare în țară a sistemelor teleinformatice pentru stații electrice.
14. Drăgan, G., Lungu, I. (I.P. București) : Caracteristica tensiune — sarcină a descărcării corona. Parametrii de bază ai acestei caracteristici.
15. Drăgan, G., Munteanu, S. (I.P. București) : Supratensiuni atmosferice provocate de loviturile directe ale trăsnetului. Probabilitatea de apariție a acestor supratensiuni.
16. Ifrim, A., Firețeanu, V., Golovanov, C., Notingher, P., Stanciu, D. și Panaite, V. (I.P. București) : Cercetări privind rezistența la arborescență a polietilenei folosite la cablurile electrice.
17. Arie, A., Arie. (I.P. București) : Folosirea grafului pentru extinderea teoremei Thévenin — Norden în cazul unei rețele.
18. Iamandi, C., Cioc, D., Anton, A. (I.C. București) și Măgureanu, R. (I.P. București) : Stand pentru testări tehnice și omologări microturbine hidraulice în gama de puteri 0—250 kW.
19. Baciu, A., (M.E.E.) : Energia electrică și organismul viu.
20. Mustață, Ov., Chiriac, Tr., Hopulele, I., Zegrean, I. și Poenaru, C. (IRE Suceava) : Sistemul de teleconducere al rețelelor electrice din cadrul IRE Suceava. Stadiul actual de realizare și probleme de perspectivă.
21. Mustață, Ov., Sfichi, R., Lungu, Ov., Fedorciuc, V., Socoliuc, St. și Boșcoianu, D. (IRE Suceava) : Programul de microhidroelectrificare a județelor Suceava și Botoșani. Stadiul de realizare și direcțiile dezvoltării în perspectiva anilor 1985—1990.
22. Anghel, D., (INID București) : Activitatea Institutului Național de Informare și Documentare în vederea asigurării informaționale în domeniul energiei.
23. Erhan, V. și Vasilescu, I. (OSIM București) : Promovarea invențiilor — o problemă actuală.
24. Mustață, Ov., Sfichi, R., Irina, D., Reziuc, Ol. și Blumenfeld, S. (IRE Suceava) : Asupra citorva rezultate privind activitatea de energetică industrială în cadrul IRE Suceava.

Secțiunea I. *Economisirea energiei și reducerea consumului propriu tehnologic (c.p.t.). Surse convenționale și neconvenționale de energie*

I.1. Economisirea energiei electrice și termice. Reducerea c.p.t. în rețelele de transport și distribuție

I.1.1. Săndulescu, M., Sevastru, A. și Petrescu, A.M. (ISPE București) : Oportunitatea utilizării reglajului transversal în rețelele de transport în vederea reducerii consumului propriu tehnologic.

I.1.2. Sfichi, R., Cefranov, V., Prelipcean, I. și Velehorschi V. (IRE Suceava) : Bilanțul energiei electrice în rețelele IRE Suceava. Concluzii și propuneri.

I.1.3. Dobrescu, D. și Alterescu, V. (ICSITIE București) : Cercetări privind optimizarea schemelor de alimentare cu energie electrică la întreprinderile industriale ca urmare a întocmirii bilanțurilor electroenergetice și compensării factorului de putere.

I.1.4. Crăciunescu, A. și Andronescu, Gh. (IP București) : Soluții noi de îmbunătățire a indicatorilor energetici ai acționărilor electrice.

I.1.5. Eremia, M., Comănescu, Gh. și Crisciu, H., (IP București) : Reducerea pierderilor de energie electrică prin compensarea puterii reactive și creșterea secțiunii conductoarelor.

I.1.6. Cîrțină, Gh. (IP Iași), Sufletel, N., Grigoriu, M. (IRE Iași), Hazi, Gh. (IP Iași) : Asupra optimizării surselor reactive în rețelele complexe buclate.

I.1.7. Buta, A. şi Moga, M. (IP Timişoara) : Aspecte particulare la reglarea puterii reactive de compensare în reţelele de distribuţie a marilor consumatori industriali.

I.1.8. Chiuţă, I. (I.P. Bucureşti), Ionaşcu, Gh. şi Răşcanu, S. (IRE Bucureşti) : Ferorezonanţe în reţelele IRE Bucureşti şi măsuri de limitare a lor.

I.1.9. Sfichi, R. (IRE Suceava) : Asupra criteriilor de calcul tehnico-economic al filtrelor de absorbţie pentru atenuarea regimului deformant în instalaţiile electrice.

I.1.10. Beer, M., (IRE Sibiu), Catoiu, St., Răşanu S. (IRE Bucureşti) şi Chiuţă, I. (I.P. Bucureşti) : Redresorul de tensiune constantă ca instalaţie de compensare a puterii reactive.

I.1.11. Chiriac, Tr., Grămadă, A. (IRE Suceava) şi, Manea, Gh. (ISPE Bucureşti) : Optimizarea funcţionării reţelelor din IRE Suceava din punctul de vedere al puterii reactive.

I.1.12. Gutuleanu, I., Popescu, M. şi Manea, Gh. (ISPE Bucureşti) : Aspecte legate de proiectarea şi montarea instalaţiilor de compensare cu maşini rotative.

I.1.13. Mitroi, R., Bardaş, C., Christodorescu, P., Enache, M. (ICSITIE Bucureşti) : Echipament de compensare pentru instalaţiile de foraj cu alimentare de la reţea.

I.1.14. Christodorescu, P., Bardaş, C., Mitroi, P., Enache, M. (ICSITIE Bucureşti) : Echipamente moderne pentru compensarea fluctuaţiilor de putere reactivă în reţelele de medie şi înaltă tensiune.

I.1.15. Prelipcean, I., Velehorschi, V., Tecuceanu, R., Cefranov, V., Sfichi, R. (IRE Suceava) : Compensarea puterii reactive în reţelele electrice de distribuţie urbană.

I.1.16. Sfichi, R. (IRE Suceava) : Aspecte privind atenuarea efectelor regimului deformant în reţelele sistemelor electroenergetice. Reglementări oficiale în R.S.R.

I.1.17. Hopulele, I., Cefranov, V., Prelipcean, I. Tecuceanu, R., Turtureanu, L. (IRE Suceava) : Algoritm şi program de calcul pentru stabilirea pe baza analizei criteriale a cifrelor de plan c.p.t. la subunităţile IRE.

I.1.18. Coroescu, T., Szabo, C., Hasneş, A. (Institutul de Mine Petroşani) : Contribuţii la optimizarea funcţionării în paralel a transformatoarelor.

I.1.19. Gavrilă, M., Orezeanu, C., Cujbă, T., Irimescu, M. (IRE Suceava) : Gradul de încărcare al posturilor de transformare aeriene. Compensarea energiei reactive în posturile de transformare urbane.

I.1.20. Ioniţă, A., Naidin, P. (Combinatul Siderurgic Călăraşi) : Stabilirea unui regim economic de funcţionare al cuptoarelor cu arc de 100 t de la C.S. Călăraşi.

I.1.21. Gudumac, M., Cobanu, Fl. (ICSITIE Bucureşti) : Tendinţe moderne de utilizare raţională a energiei pe standurile de probă de medie şi mare putere.

I.1.22. Mititică, N. (Inst. de economie industrială Bucureşti) : Posibilităţi privind economisirea carburanţilor şi energiei în activitatea de foraj.

I.1.23. Groza, D., Hajdău, C., Vasilache, C. (ICSITIE Bucureşti) : Particularităţi ale elaborării bilanţurilor electrice în întreprinderi cu profil metalurgic.

I.1.24. Lazăr, I., Badea, Gh., Pop, I. (IP Cluj-Napoca) : Posibilităţi de recuperare a căldurii din condensul evacuat din procesul tehnologic la o uzină chimică.

I.1.25. Bilegan, C., Gidea, Gh., Ruiu, Ad (ICEMENERG Bucureşti) : Recuperarea căldurii deşeu din procesele industriale prin conversia ei în energie electrică.

I.1.26. Leibovici, B., Hrustovici, L., Isac, D., Cavinschi, P. (IRE Suceava), Harabagiu, M., Petrişor, I. (IJGCL Botoşani) : Cu privire la unele aspecte ale reducerii consumului de energie electrică la sistemele de captare apă, tratare, aducţiune, transport şi distribuţie din zona Bucecea-Botoşani.

I.1.27. Reziuc, Ol., Pavel, M. (IRE Suceava) : Posibilităţi de reducere a consumului de energie la consumatorii cu profil mecanic (IMAIA, IUPS, I.M. Botoşani), de pe platforma industrială a municipiului Botoşani.

I.1.28. Martiniuc, C., Georgescu, P., Cavinschi, P. (IRE Suceava) : Posibilităţi de reducere a consumurilor de energie electrică, termică şi de combustibil în industria alimentară de pe platforma industrială a municipiului Botoşani.

I.1.29. Reziuc, Ol., Blumenfeld, S. (IRE Suceava), Brădăţean, Th. (CPL Suceava) : Posibilităţi de reducere a consumului de energie electrică şi combustibil la PAL Fălticeni, jud. Suceava.

I.1.30. Blumenfeld, S., Reziuc, Ol., Ilie, V., Căşeru, V. (IRE Suceava) : Căi şi mijloace de economisire a energiei termice şi utilizarea resurselor energetice secundare la I.P.L. Botoşani.

I.1.31. Hrustovici, L., Leibovici, B., Cavinschi, P., Căşeru, V. (IRE Suceava) : Posibilităţi de economisire a energiei şi combustibililor la Fabrica de izolatoare din sticlă Botoşani.

I.1.32. Leibovici, B., Ilie, V., Hrustovici, L. (IRE Suceava) : Căi, mijloace şi metode de reducere a consumului de energie termică pe platforma industrială şi termoficare urbană a municipiului Botoşani.

I.1.33. Reziuc, Ol., Blumenfeld, S., Ilie, V., Pavel, M. (IRE Suceava) : Utilizarea resurselor energetice secundare pentru producerea de energie electrică şi termică la F.C.M.P.M. Rădăuţi, Jud. Suceava.

I.1.34. Cefranov, V., Prelipcean, I., Sfichi, R., Velehorschi, V. (IRE Suceava) : Propuneri privind prioritatea investiţiilor pentru reducerea accentuată a consumurilor de energie electrică.

I.1.35. Diatcu, E., Olariu, A., Giacomo, E.D. (ICSITIE Bucureşti) : Întocmirea bilanţurilor electroenergetice din întreprinderi cu ajutorul microcalculatorului M-18.

I.1.36. Simion, Al., Teodoru, E., Harghel, S., Cojan, M. (I.P. Iaşi) : Asupra posibilităţilor de utilizare a triplorului de frecvenţă în sudarea electrică.

I.1.37. Costin, E. (ISPE Bucureşti) : Unele măsuri pentru economisirea energiei electrice şi efectele lor.

I.1.38. Costin, E. (ISPE Bucureşti) : Tendinţe noi în politica de compensare a puterii reactive.

I.2. Surse convenţionale şi neconvenţionale de energie

I.2.1. Vlad, I. (Universitatea Braşov) : Scheme de conversie a energiei vîntului în alte forme de energie.

I.2.2. Vlad, I., Laszlo, Al. (Universitatea Braşov) : Domeniile de viteze optime pentru utilizarea instalaţiilor de conversie a energiei vîntului.

I.2.3. Laszlo, Al. (Universitatea Braşov) : Turbine de vînt cu ax vertical. Principii de funcţionare.

I.2.4. Exarhu, M., Mureşanu, D. (I.P. Bucureşti) : Unele aspecte privind construcţia microturbinelor hidraulice.

I.2.5. Neda, T. (CCSITEH Reşiţa) : Contribuţii la realizarea unor tipuri de microturbine în gama 1—30 kW.

I.2.6. Voia, I. (CCSITEH Reşiţa) : Amenajări hidroenergetice de mică putere.

I.2.7. Voia, I. (CCSITEH Reşiţa) : Tipuri constructive de microturbine şi domeniile lor de utilizare.

I.2.8. Grando, I. (CCSITEH Reşiţa) : Consideraţii privind funcţionarea în reţea independentă a microhidroagregatelor.

I.2.9. Galan, N. (I.P. Bucureşti) : Consideraţii cu privire la funcţionarea generatorului asincron în centrale electrice.

I.2.10. Ionescu, M. (IP Bucureşti) : Autoexcitarea maşinii asincrone din punctul de vedere al teoriei clasice liniare.

I.2.11. Sahleanu, V. (C.P.C. Cacica, Jud. Suceava) : Cu privire la alegerea microhidroagregatelor de randament optim pentru microhidrocentrale.

I.2.12. Beldiman, R., Hanek, A., Sihot, E. (ICPUP Bucureşti) Robinete cu clapă fluture din programul de fabricaţie al I.M. Bacău. Posibilităţi şi limite de utilizare pentru instalaţii hidroenergetice.

I.2.13. Sfichi, R., Socoliuc, S., Lungu, Ov. (IRE Suceava) : Asupra metodelor de calcul hidraulic privind amenajarea microhidrocentralelor.

I.2.14. Bucurenciu, S., Andronescu, Gh., Dănescu, Al., Petrescu, S. (IP Bucureşti) : Calculul de optimizare al urmăririi soarelui într-o instalaţie de conversie a energiei solare cu concentratoare cilindro-parabolice.

I.2.15. Lescenco, Ge., Ioniţă, L., Bizim, O. (ICSITIE Bucureşti) : Cercetări privind conformitatea unor materiale preconizate a fi folosite la oglinzile solare.

I.2.16. Şorea, N. (IRE Bacău), Boicu, V. (ITM Botoşani), Dunea, I. (Insp. MAGF Suceava), Ilie, V. (IRE Suceava) : Cu privire la unele aspecte ale îmbunătăţirii randamentului CET — CTZ Botoşani în vederea economisirii de combustibili şi energie.

I.2.17. Ilie, V. (IRE Suceava) : Utilizarea resurselor energetice secundare din centralele termice.

I.2.18. Giosan, T.A. (I.P. Iaşi) : Cooperarea dintre IRE-uri şi Consiliile populare comunale pentru construcţia şi exploatarea MHC.

Secţiunea a II-a : *Instalaţii de automatizare, protecţie şi control în sistemele energetice. Conducerea şi siguranţa exploatării reţelelor sistemelor energetice*

II.1. Instalaţii de automatizare, protecţie şi control în sistemele energetice

II.1.1. Marcu, S., Cojocaru, M., Radu, M. (ISPE Bucureşti) : Consideraţiuni critice asupra utilizării calculatoarelor în protecţia prin relee.

II.1.2. Glodeanu, D., Boboc, A. (ISPE Bucureşti) : Reţele de telecomunicaţii pentru transmisiunile de date necesare la telemecanizarea staţiilor electrice.

II.1.3. Tecuceanu, R., Poenaru, C., Penciuc, L. (IRE Suceava) : Sistem de afişare a schemelor de staţii de transformare pe DAF 2010, telesemnalizarea şi telecomanda elementelor comutabile din staţii cu ajutorul minicalculatorului CORAL 4011.

II.1.4. Huch, Rux., Locar, S. (ISPE Bucureşti) : Influenţa introducerii sistemelor teleinformatice în staţii electrice asupra concepţiei realizării circuitelor secundare.

II.1.5. Gavrilă, M. (IRE Suceava) : Protecţii maximale secţionate în cazul substaţiilor în cascadă ale consumatorilor industriali.

II.1.6. Boca, V. (IPCT Bucureşti), Ivan, N. (I.C. Bucureşti) : Aspecte privind automatizarea instalaţiilor de preparare apă caldă de consum cu ajutorul pompelor de căldură cu compresie fabricaţie TEHNOFRIG, Cluj-Napoca.

II.1.7. Mocanu, C. (IRE Bacău) : Analiza schemelor de protecţie STA din IRE Bacău.

II.1.8. Munteanu, R. (I.P. Cluj-Napoca) : Asupra unui circuit cu bobină neliniară, utilizat la multiplicarea feromagnetică a frecvenţei.

II.1.9. Munteanu, R. (I.P. Cluj-Napoca) : Multiplicator de frecvenţă, utilizînd excitaţie prin impulsuri.

II.1.10. Ioachim, D. (I.P. Iaşi) : Invertor pentru lămpi fluorescente.

II.1.11. Rotaru, S., Lungu, Ov., Mititiuc, V. (IRE Suceava) : Dispozitive electronice pentru semnalizarea depăşirii curentului maxim admis.

II.1.12. Cujbă, T. (IRE Suceava) : Metodă şi dispozitiv de verificat şi reglat blocurile de comandă automată (BCA) pentru bateriile de condensatoare.

II.1.13. Gavrilă, M., Orezeanu, C., Maximiuc, D. (IRE Suceava) : Metodă şi dispozitiv pentru reglarea declanşatoarelor întrerupătoarelor OROMAX din posturile de transformare.

II.1.14. Negrea, I. (IRE Suceava) : Aparat înregistrator al gradului de nesimetrie al curenţilor trifazici.

II.1.15. Lazăr, I., Badea, Gh., Pop, I. (IP Cluj-Napoca) : Instalaţie pentru testarea aparatelor şi vaselor de condensaţie în vederea îmbunătăţirii condiţiilor de funcţionare ale acestora.

II.1.16. Cernomazu, D., Michiu, Gh. (IRE Bacău) : Contribuţii la realizarea de aparate şi dispozitive pentru limitarea funcţionării în gol a consumatorilor de energie reactivă inductivă.

II.2. Planificarea, conducerea şi siguranţa exploatării sistemelor energetice

II.2.1. Lup, L., Popescu, M. (ISPE Bucureşti) : Influenţa disponibilităţii agregatelor centralelor electrice asupra nivelului necesar de putere instalată în SEN.

II.2.2. Manolescu, Ge., Sevastru, A. Moraite, Gh., Mişa, N., Petrescu, A.M. (ISPE Bucureşti) : Concepţii moderne folosite în elaborarea criteriilor de planificare a dezvoltării în perspectivă a SEN.

II.2.3. Bădescu, M., Cojocaru, M., Radu, M. (ISPE Bucureşti) : Aspecte privind soluţiile şi modul de realizare a instalaţiilor de insularizare aferente platformelor industriale.

II.2.4. Chirculescu, N., Damian, N. (ISPE Bucureşti) : Aspecte privind eficienţa realizării sistemului informatic de conducere economică la o întreprindere de reţele electrice.

II.2.5. Chirculescu, N., Ionescu, S. (ISPE Bucureşti) : Aspecte privind eficienţa realizării sistemului informativ de conducere a procesului tehnologic la dispecerii de distribuţie a energiei electrice.

II.2.6. Grigoriu, G., Ursu, M., Petrea, A. (ISPE Bucureşti) : Aspecte şi propuneri privind unificarea evidenţei tehnice şi contabile a instalaţiilor tehnologice specifice întreprinderilor de reţele electrice.

II.2.7. Albert, H., Cristovici, A., Iancu, M., Ionescu, S., Ungureanu, B. (ISPE Bucureşti) : Aspecte privind dezvoltarea dispecerilor de distribuţie a energiei electrice în perioada 1982—1984.

II.2.8. Buzea, Ge., Locar, S. (ISPE Bucureşti) : Sistem teleinformatic pentru conducerea operativă a reţelelor electrice de distribuţie din cadrul IRE Argeş cu calculatoare de proces.

II.2.9. Popescu, R., Oprea, C. (ISPE Bucureşti) : Dispecer energetic pentru reţelele electrice de distribuţie a IRE Braşov.

II.2.10. Ursu, M., Stănciulescu, Gh. (ISPE Bucureşti), Daniliuc, M. (IRE Suceava) : Proiectarea, încărcarea şi exploatarea secţiunii bazei de date privind instalaţiile şi echipamentele tehnologice, componentă a sistemului informatic de conducere a IRE.

II.2.11. Morgan, L. (ISPE Bucureşti) : Mărirea siguranţei în electroalimentarea instalaţiilor de la punct de comandă dotat cu calculator de proces.

II.2.12. Creţu, Gh. (ISPE Bucureşti) : Mărirea siguranţei în alimentarea cu energie electrică a consumatorilor de la IFA Suceava.

II.2.13. Orlinschi, C. (IRE Bacău) : Influenţa tratării neutrului asupra siguranţei în funcţionare a reţelelor de medie tensiune.

II.2.14. Olteanu, M. (CIRE Bucureşti) : Algoritm de conducere cu calculator de proces pentru comanda operativă prin dispecer energetic de distribuţie a unui subsistem energetic.

Secţiunea a III-a : *Comportarea în exploatare a echipamentelor şi materialelor energetice. Noi soluţii constructive şi de proiectare a instalaţiilor energetice*

III.1. Comportarea în exploatare a echipamentelor şi materialelor energetice

III.1.1. Gheorghiţă, G. (ISPE Bucureşti) : Competitivitatea echipamentului românesc de linii electrice aeriene pe plan mondial.

III.1.2. Onu, V. (ICEMENERG Bucureşti) : Uzura electrică a întreruptoarelor de medie tensiune la comutaţia curenţilor nominali şi de scurtcircuit.

III.1.3. Onu, V. (ICEMENERG Bucureşti) : Consideraţii privind comportarea scurtcircuitoarelor de pămîntare la trecerea curenţilor de scurtcircuit.

III.1.4. Onu, V. (ICEMENERG București) : Comportarea celulelor prefabricate tip ICMP la probele de arc liber în celulă.

III.1.5. Goia, L., Pomîrleanu, J., Nicolau, Gh., Opriță, Gh. ICEMENERG București) : Variația sezonieră a rezistenței prizelor de pămînt și a tensiunilor de atingere și de pas.

III.1.6. Rusan, I. (IEM București), Rusan, R. (ICEMENERG București) : Influența cîmpurilor electrice intense asupra unor structuri biologice.

III.1.7. Sămărescu, Fl. (ICSITIE București) : Scheme echivalente pentru determinarea prin calcul a capacității de încărcare și încălzire a cablurilor.

III.1.8. Cristescu, D. Ungureanu, M., Postolache, P., Dorobanu, I., Măgureanu, C. (I.P. București) : Cercetări asupra factorilor de impact al liniilor asupra mediului înconjurător.

III.1.9. Cristescu, D., Ungureanu, M., Postolache, P. (I.P. București) : Cercetări privind corelația dintre diferitele aspecte ale descărcării corona pe liniile de înaltă tensiune.

III.1.10 Cristescu, D., Ungureanu, M. (I.P. București) : Aspecte teoretice ale utilizării liniei experimentale pentru cunoașterea efectului perturbator al liniei reale.

III.1.11. Anghel, F. (I.P. București) : Model îmbunătățit de reprezentare a înfășurărilor transformatoarelor de foarte mare putere pentru studiul supratensiunilor.

III.1.12. Brăteanu, C., Chiuță, I. (I.P. București) : Influența condițiilor de alimentare asupra regimului termic al rețelei scurte și electrozilor cuptoarelor cu arc electric.

III.1.13. Tușaliuc, P. (Universitatea Craiova), Curcan, G. (CCSIT-EP Craiova) : Asupra determinării supratensiunilor la comutația bateriilor simple și multiple de condensatoare utilizînd întreruptoare de înaltă tensiune.

III.2. Noi soluții constructive și de proiectare a instalațiilor energetice

III.2.1. Grigoriu, I., Răgălie, St. (IEI București) : Termoficarea industrial urbană bazată pe lignit analizată entropic.

III.2.2. Manea, Gg. (IEI București) : Utilizarea materialelor plastice în echipamentele de producere și transport al energiei.

III.2.3. Stein, M., Cristovici, A., Petrescu, C. (ISPE București) : Linii dublu circuit cu posibilitatea de trecere la funcționarea în simplu circuit la o tensiune superioară.

III.2.4. Petre, N., Solcan, I., Voinea, D. (ISPE București) : Oportunitatea realizării unor instalații de 110 kV de tip interior cu echipament clasic pentru termocentrale pe cărbune.

III.2.5. Solcan, I., Deleanu, M., Velișcu, N., Canjea, P. (ISPE București) : Analiza posibilității de utilizare a structurilor și elementelor componente actuale ale stațiilor de 400 kV la valori ridicate ale curenților de scurtcircuit.

III.2.6. Tudor, El. (ISPE București) : Fundații pentru LEA în terenuri cu caracteristici geotehnice slabe.

III.2.7. Bolki, E. (ISPE București) : O nouă soluție constructivă privind realizarea denivelărilor modulate pentru stîlpii metalici autoportanți ai LEA.

III.2.8. Ciornei, I. (IRE Suceava) : Procedeu și instalație pentru executarea fundațiilor tip cheson la stîlpii LEA 20 kV.

III.2.9. Florea, G., Itoafă, M., Ionescu, M. (ISPE București) : Algoritm și program pentru determinarea sarcinilor longitudinale ce acționează asupra structurilor liniilor electrice aeriene în condiții de dezechilibru static.

III.2.10. Pasculescu, M., Pădure, Al. (Inst. Mine Petroșani), Covaliov, C. (IM Ghelar), Feier, G. (IM Lonea) : Calculul rețelelor electrice miniere de joasă tensiune cu ajutorul nomogramelor.

III.2.11. Iordache, M. (I.P. București) : Algoritm și program de analiză hibridă a circuitelor electrice rezistive neliniare de mare complexitate.

III.2.12. Cristea, P., Tuduce, R. (I.P. București) : Analiza circuitelor electrice cu condesatoare în regim de comutație.

III.2.13. Cristea, P., Tuduce, R. (IP București) : Identitate, echivalență și substituibilitate în circuitele electrice.

III.2.14. Simion, E. (I.P. Cluj-Napoca) : Asupra unei probleme de transfer maxim a puterii prin dipoli neliniari.

III.2.15. Șorea, N. (IRE Bacău) : Contribuții la calculul mecanic al conductoarelor LEA de înaltă tensiune, asupra fenomenului de galopare.

III.2.16. Șorea, N. (IRE Bacău), Hurdubețiu, S. (I.P. București) : Cu privire la instabilitatea conductoarelor LEA de înaltă tensiune încărcate cu chiciură și supuse acțiunii vîntului.

III.2.17. Șorea, N. (IRE Bacău), Onofrei, M., Pustai, Cl. (IRE Suceava) : Stabilitatea conductoarelor de protecție ale LEA de înaltă tensiune care au montate balize pe ele.

III.2.18. Șorea, N. (IRE Bacău), Crăciun, M. (IRE Suceava) : Creșterea gradului de siguranță la oboseală a liniilor aeriene de foarte înaltă tensiune avînd două conductoare pe fază.

III.2.19. Hurdubețiu, S. (IP București) : Studiul numeric al cîmpului electric în prezența dielectricilor multipli.

III.2.20. Golovanov, N., Hurdubețiu, S., Huciu, E. (IP București) : Optimizarea formei electrozilor de înaltă tensiune.

III.2.21. Marcu, Gh. (IC Cluj-Napoca), Petrescu, N. (IP București). Pop, I., Nacșu, Cr. (IC Cluj-Napoca), Drîmbăreanu, Tr. (UM 02512 București), Reghini, D. (IC Cluj-Napoca) : Conductori electrici pe bază de poliamidă metalizată.

III.2.22. Pop, Gh., Nașcu, Cr., Moldovan, M., Pop, I., Șerban, N., Pușcaș, R. (IC Cluj-Napoca) : Utilizarea filmelor metalice și semiconductoare în valorificarea energiei.

III.2.23. Popescu, I.V. (ICSITIE București) : Procedee tehnologice moderne și utilaje specifice pentru execuția racordărilor electrice în instalațiile energetice cu conductoare de aluminiu.

III.2.24. Chițimuș, C. (IRE Bacău) : Considerațiuni asupra calculării tensiunii de scurtcircuit la transformatoare.

III.2.25. Năsturaș, V. (IRE Bacău) : Celule pentru posturi de transformare 20 kV tip rețea.

III.2.26. Donici, S., Goni, Fl. (ICSITIE București) : Realizări și tendințe în construcția descărcătoarelor cu rezistență variabilă pe plan mondial și național.

III.2.27. Ioniță, G., Moldovan, S., Spînu, A. (IDE București) : Strategia de introducere a tensiunii de 20kV în municipiul București.

III.2.28. Ioniță, G., Neagu, E., Udrescu, C., Mihalache, M. (IDE București) : Tipizarea prin folosirea elementelor modul a stațiilor de transformare de 110 kV cu bare simple.

III.2.29. Gaber, E. (CCSIT-EP Craiova) : Transformatoare de măsură electronice și perspectivele utilizării lor în rețelele de înaltă tensiune.

III.2.30. Sevastru, A., Mihăilescu, P. (ISPE București) : Cerințe actuale privind dimensionarea capacității liniilor de interconexiune internațională.

Din sumarul revistelor*)

ARIE, A.A. ş.a. Criterii de similitudine folosite în realizarea microsistemului de curent alternativ cu legături în curent continuu. Buletinul Institutului Politehnic — seria Electrotehnică, vol. 153, nr. 1, ian.—mart. 1981.

CRISTESCU, D. şi POSTOLACHE, P. Efectul ecranului cablului de protecţie. Probabilitatea de protecţie. Buletinul Institutului Politehnic — seria Electrotehnică, vol. 153, nr. 1, ian.—mart. 1981.

IONESCU, FL. Criterii privind alegerea schemelor de protecţie împotriva supratensiunilor în staţiile construite cu echipament capsulat, izolat în SF_6. Buletinul Institutului Politehnic — seria Electrotehnică, vol. 154, nr. 1, ian.—mart. 1982.

CRISTESCU, D. ş.a. Efecte perturbatoare ale liniilor electrice aeriene (perturbaţii şi zgomot acustic). Buletinul Institutului Politehnic — seria Electrotehnică, vol. 154, nr. 1, ian.—mart. 1982.

FARA, V.L. şi GRIGORESCU, R. Simulator solar utilizat la testarea colectorilor solari cu şi fără focalizare. Buletinul Institutului Politehnic — seria Electrotehnică, vol. 153, nr. 2, apr.—iun. 1981.

FARA, V. ş.a. O bază de date fizico-chimice pentru selectarea materialelor de stocare a energiei solare cu schimbare de fază. Buletinul Institutului Politehnic — seria Electrotehnică, vol. 153, nr. 3, iul.—sept. 1981.

CONSTANTINESCU L. şi TOMESCU, F.M.G. Asupra compensării puterii complementare în sisteme electroenergetice funcţionînd în regim periodic nesinusoidal. Buletinul Institutului Politehnic — seria Electrotehnică, vol. 153, nr. 3, iul.—sept. 1981.

DRĂGAN, G. şi LUNGU, I. Asupra caracteristicii tensiune sarcină în cazul descărcării corona de impuls în jurul conductoarelor. Buletinul Institutului Politehnic — seria Electrotehnică, vol. 153, nr. 4, oct.—dec. 1981.

PURICA, I. Un nou principiu în conversia energiei. Buletinul Institutului Politehnic — seria Electrotehnică, vol. 153, nr. 4, oct.—dec. 1981.

UNGUREANU M. şi CRISTESCU, D. Cercetări teoretice şi experimentale privind perturbarea electromagnetică a mediului înconjurător de către liniile electrice aeriene. Buletinul Institutului Politehnic — seria Electrotehnică, vol. 153, nr. 4, oct.—dec. 1981.

EYSELL, F.W. Instalaţiile automate moderne pentru tratarea termică, considerate, ţinînd seama de economiile de energie, de noile sisteme de comandă şi de funcţionarea fără generator (Moderne Wärmebehandlungsautomaten unter besonderer Berücksichtigung von Energieeinsparung, neuzeitlicher Steuerung und generatorlosem Betrieb). Gas Wärme International, vol. 31, nr. 9 sept. 1982.

SCHUSTER, L. Concepţia încălzirii pentru cuptoarele de tratament termic (Vorstellung eines Beheizungskonzeptes für gasbeheizte Wärmebehandlungsöfen). Gas Wärme International, vol. 31, nr. 9, sept. 1982.

BEHRENS, H.A. Pierderi de energie datorate elementelor încorporate în pereţii cuptoarelor (Energieverluste durch Einbauten in Ofenwänden) Gas Wärme International, vol. 31, nr. 9, sept. 1982.

FRISH, J.R. Orizonturi energetice ale ţărilor lumii a treia pentru anii 2000—2020 (Horizons énergétiques du Tiers-Monde 2000—2020). Revue Générale Nucléaire, nr. 5, sept.—oct. 1980.

CARPENTIER, L. şi CORMAULT, P. Noile tehnici de control-comandă şi aplicarea lor la centralele nucleare, în special la cele de 1300 MW. (Les nouvelles techniques de contrôle-commande et leur application aux centrales nucléaires en particulier 1300 MWe). Revue Générale Nucléaire, nr. 3, mai.—iun. 1980.

BURTHERET, M. şi DE CORMIS. Regimul administrativ al centralelor nucleare (Le régime administratif de centrales nucléaires). Revue Générale Nucléaire, nr. 3, mai.—iun. 1980.

CHASSIGNET, C. Informatica gestiunii în serviciul calităţii şi siguranţei în realizarea centralelor nucleare (L'informatique de gestion au service de la qualité et de la sûreté dans la réalisation des centrales nucléaires). Revue Générale Nucléaire, nr. 4, iul.—aug. 1980.

THIBON, D. Structura generală a alimentării electrice în aglomerările urbane (Structura générale de l'alimentation électrique des agglomérations urbaines) Revue Générale de l'Électricité, nr. 7—8, iul.—aug. 1982.

LE PORT, R. Alimentarea cu energie electrică a aglomerărilor urbane (Alimentation en énergie électrique des agglomérations urbaines). Revue Générale de l'Électricité, nr. 7—8, iul.—aug. 1982.

MESSAGER, P. Modelizarea dezvoltării structurii unei reţele rurale de medie tensiune (Modélisation du développement de la structure d'un réseau rural en moyenne tension). Revue Générale de l'Électricité, nr. 7—8, iul.—aug. 1982.

LEMOINE, J.C. Sistem de distribuţie redus pentru electrificarea regiunilor rurale cu populaţie dispersată (Un système de distribution allégé pour l'électrification des régions rurales à habitat dispersé), Revue Générale de l'Électricité, nr. 7—8, iul.—aug. 1982.

LAUNAY, M. ş.a. Sistem informatic de gestiune a lucrărilor de MT (Système informatique de gestion des ouvrages moyenne tension). Revue Générale de l'Électricité, nr. 7—8, iul.—aug. 1982.

---

* Rubrică întocmită de Oficiul de informare documentare energetică

Sondajul de opinie referitor la revista
ENERGETICA

În scopul îmbunătăţirii activităţii şi conţinutului revistei Energetica, a fost întocmit un chestionar cu 15 întrebări, care s-a difuzat la toate unităţile Ministerului Energiei Electrice, precum şi la celelalte departamente. Se prezintă mai jos rezultatele procentuale ale răspunsurilor primite la redacţie.

	DA %	NU
1. Consideraţi oportun ca RE să apară sub formă de numere speciale (consacrate unor probleme)? . .	62	38
2. Consideraţi indicat ca RE să cuprindă scurte informaţii documentare tehnico-ştiinţifice?	95	5
3. Sînteţi de părere că ar fi interesant să se publice: recenzii, cronici, descrieri de invenţii de interes deosebit, experienţă de exploatare etc.?	91	9
4. Consideraţi utilă publicarea de articole care să fie supuse dezbaterii publice	56	44
5. Consideraţi indicată prezentarea discuţiilor care au loc la mesele rotunde în probleme de energetică	80	20
6. Sînteţi de părere să se popularizeze în RE oameni ai muncii şi unităţi cu rezultate deosebite, la ocazii jubiliare?	55	45
7. Apreciaţi ca oportun să procedăm ca unele reviste străine, prezentînd fotografiile autorilor şi cîteva date despre autori?	55	45
8. Consideraţi satisfăcător actualul nivel ştiinţific şi ingineresc al RE?	69	31
9. Vă place coperta actuală a RE?	45	55
10. Vă place prezentarea grafică actuală a RE?	62	38
11. Consideraţi utilă publicarea de informaţii despre energetica din alte ţări ale lumii?	96	4
12. Faţă de problemele domeniului energetic, volumul actual al RE(48 p) îl consideraţi suficient? . . .	55	45
13. Sînteţi de părere că ar trebui să se ţină seama de activitatea publicistică la promovarea în funcţie?	49	51
14. V-a interesat RE?	97	3
15. Vă propuneţi să colaboraţi la RE?	77	23

Colegiul de redacţie mulţumeşte celor care şi-au făcut cunoscută opinia şi informează pe cititorii revistei noastre că va aplica măsurile care derivă din concluziile stabilite pe baza sondajului.

Secretar de redacţie

Abonați-vă la

Revista ENERGETICA!

Citind cu regularitate revista ENERGETICA veți fi bine informați, în principal asupra activității din domeniul energetic din țara noastră precum și din alte țări.

Revista ENERGETICA vă informează asupra problemelor de: energetică generală, energetică industrială, economie de energie, reducere a consumurilor specifice de combustibil și de energie electrică în centralele electrice, reducere și eliminare a consumului de hidrocarburi, reducere a consumurilor tehnologice în rețelele electrice, creștere a siguranței în funcționarea sistemului energetic și a elementelor acestuia, extindere și creștere a eficienței termoficării, creștere a productivității muncii, valorificare a resurselor hidraulice, protecție a mediului înconjurător și a instalațiilor energetice, surse noi, reînnoibile și noi tehnologii în energetică.

Revista ENERGETICA urmărește, de asemenea, informarea specialiștilor din domeniul energetic asupra: problemelor rezultate din documentele de partid și de stat, noutăților tehnice din țară și din străinătate, realizărilor deosebite din sectorul energetic și în principal a celor care pot fi extinse sau generalizate etc.

*

Totodată, colaborînd la revista ENERGETICA participați la schimbul de idei și de experiență, contribuind nemijlocit la progresul tehnic al energeticii românești.

. . . . . .

CERERE DE ABONAMENT LA REVISTA ENERGETICA

Întreprinderea . . . . . .

Subsemnatul . . . . . .

din localitatea. . . . . str.. . . . . nr. . . bl. . . . . .

sc. . . . . .et. . . . . ap. . . . . sect. . . . .cod poștal. . . .telefon . . . . .

. . . . . județul . . . . . solicit . . . . . abonament(e)

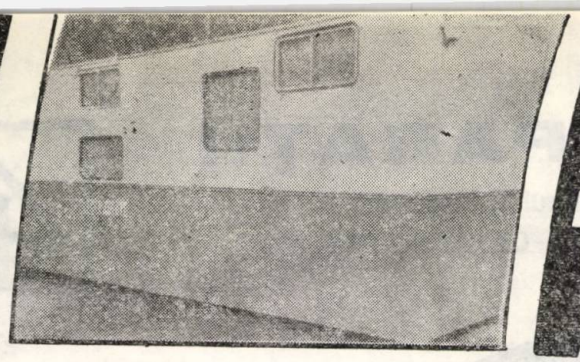
care va (vor) fi expediat(e) la adresa de mai sus.

C/v abonamentului (lei 144 un abonament) de lei. . . . . .am achitat-o în contul ICEMENERG 30.11.8.01.01., BN RSR fil. sect. 3, București, cod 74568, prin m.p.nr. . . . din. . . . . sau la casieria ICEMENERG REDACȚIEI cu chitanța . . . . . nr. . . . . din. . . . . .

Data. . . . . .

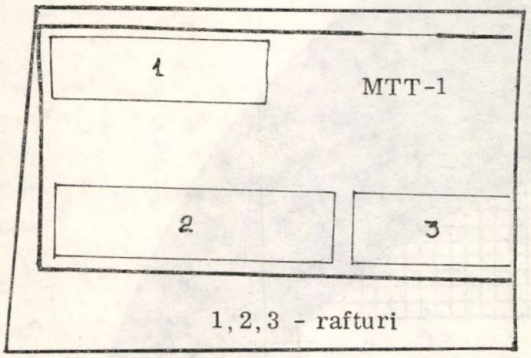
Semnătura

. . . . . .

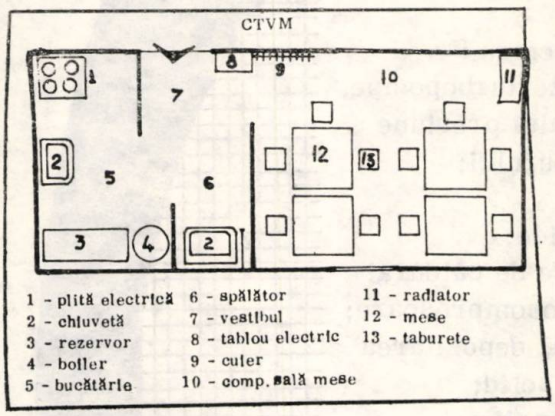


CIRE-URTAE-ROMAN

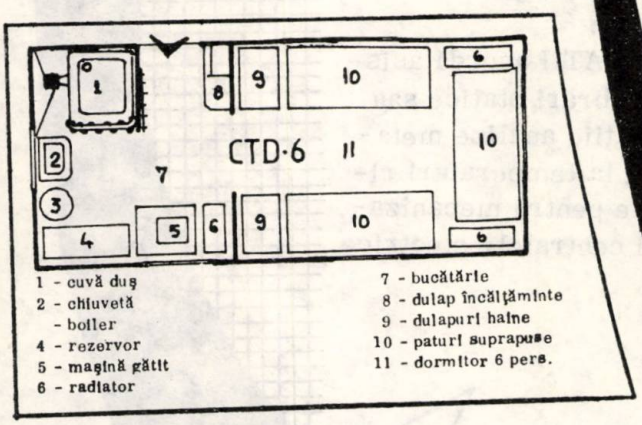
UZINA DE REPARAT TRANSFORMATOARE SI APARATAJ ELECTRIC - ROMAN



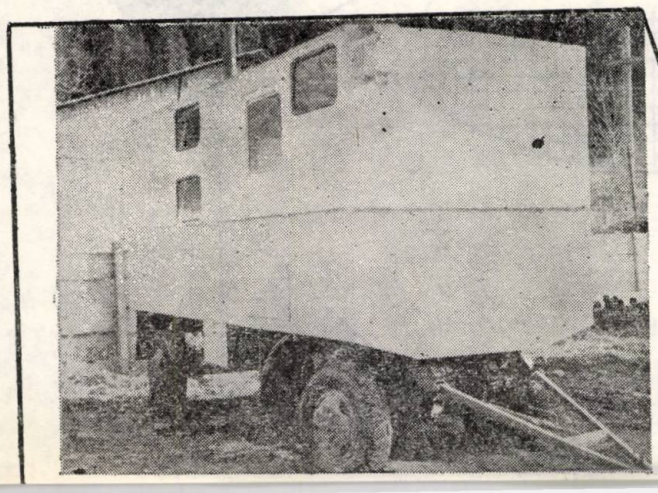
1, 2, 3 - rafturi



1 - plită electrică
2 - chiuvetă
3 - rezervor
4 - boiler
5 - bucătărie
6 - spălător
7 - vestibul
8 - tablou electric
9 - cuier
10 - comp. sală mese
11 - radiator
12 - mese
13 - taburete



1 - cuvă duş
2 - chiuvetă
- boiler
4 - rezervor
5 - maşină gătit
6 - radiator
7 - bucătărie
8 - dulap încălţăminte
9 - dulapuri haine
10 - paturi suprapuse
11 - dormitor 6 pers.



Execută :

- Magazii transcontainer transportabile tip MTT-1 destinate păstrării materialelor şi pieselor necesare desfăşurării unor lucrări în locuri şi pe trasee izolate de aşezările omeneşti.
- Căsuţe transcontainer dormitor de şase persoane tip CTD-6 ; căsuţe transcontainer vestiar-sală de mese tip CTVM, înzestrate cu instalaţii de alimentare cu apă potabilă şi de încălzire a apei potabile şi a spaţiului utilizabil, cu instalaţii de ventilaţie naturală şi de iluminat la 12 V şi de forţă la 220 V.

x
x x

Căsuţele transcontainer tip CTD-6, CTVM şi MTT-1 se manipulează cu automacaraua sau alt mijloc de ridicat şi sînt transportabile pe platforma mijloacelor de transport rutiere, a vagoanelor CFR sau pe nave fluviale şi maritime.

x
x x

Comenzile se trimit pe adresa :

Uzina de Reparat Transformatoare şi Aparataj Electric - Roman, str. Uzinei de ţevi nr. 2, cod 5550, jud. Neamţ. Telex 21244 ; tel. 12539, 12350, 13935.

ENERGOREPARAŢII

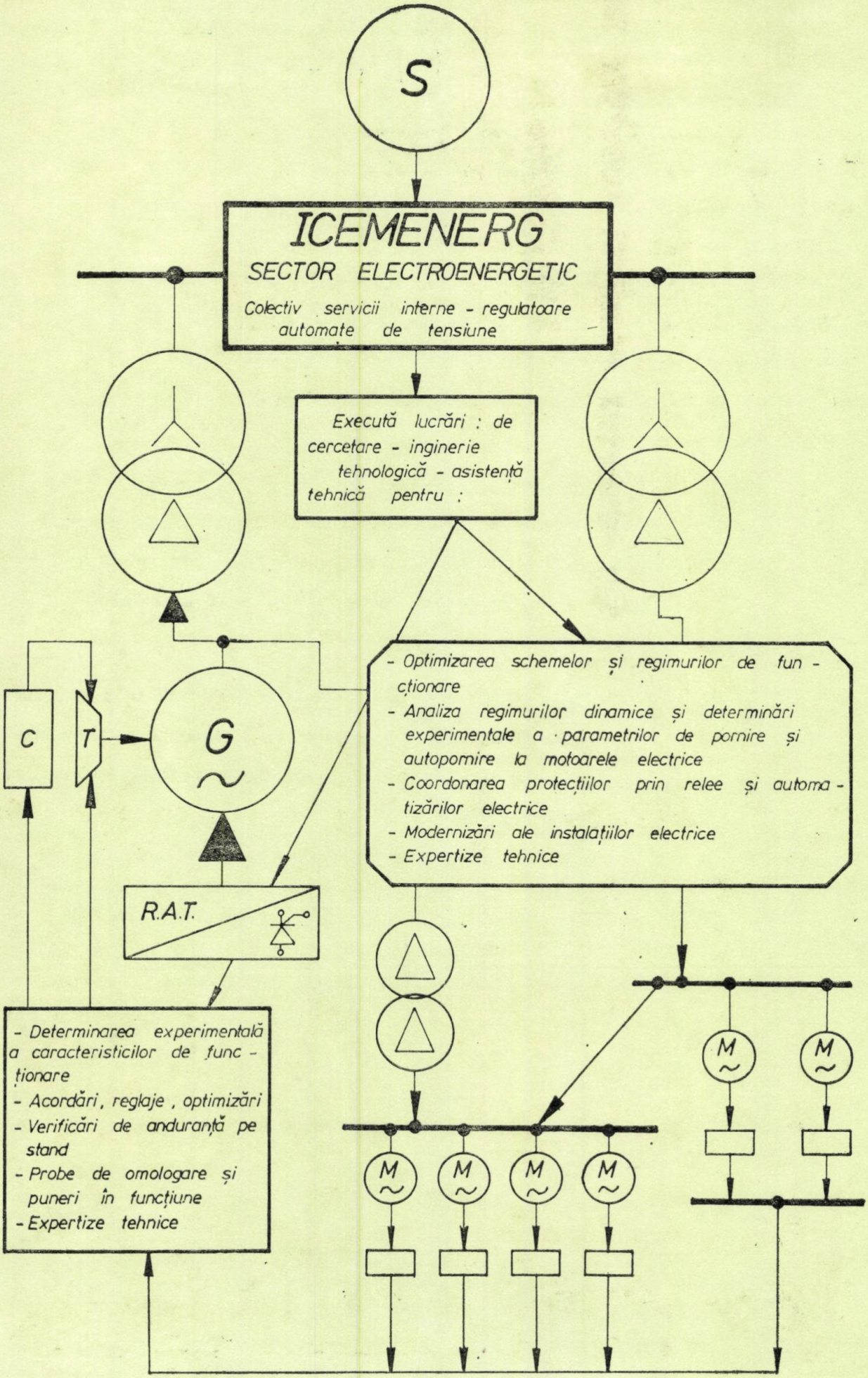
B-dul Mărăşeşti nr. 2, sectorul 5, Bucureşti.
Telefon: 23.26.40. Telex: 011635. - Cod poştal 774170.

EXECUTĂ

piese de schimb şi recondiţionări pentru :

- turbine cu abur, turbine cu gaze, turbopompe, electropompe, armături de înaltă presiune pentru comanda şi reglarea aburului;
- turbine hidraulice;
- generatoare şi motoare electrice;
- cazane de abur şi schimbătoare de căldură;
- compresoare cu piston şi turbocompresoare;
- instalaţii pentru transportarea, depozitarea şi prepararea combustibilului solid;
- instalaţii pentru evacuarea cenuşii;
- ventilatoare de aer şi gaze.

Intreprinderea ENERGOREPARATII acordă asistenţă tehnică şi execută : echilibrări statice sau dinamice, măsurători de vibraţii, analize metalografice, încercări mecanice la temperaturi ridicate sau scăzute, dispozitive pentru mecanizarea lucrărilor de reparaţii în centralele electrice.


S
ICEMENERG
SECTOR ELECTROENERGETIC
Colectiv servicii interne - regulatoare automate de tensiune
Execută lucrări : de cercetare - inginerie tehnologică - asistență tehnică pentru :
- Optimizarea schemelor și regimurilor de funcționare
- Analiza regimurilor dinamice și determinări experimentale a parametrilor de pornire și autopornire la motoarele electrice
- Coordonarea protecțiilor prin relee și automatizărilor electrice
- Modernizări ale instalațiilor electrice
- Expertize tehnice
C
T
G
R.A.T.
- Determinarea experimentală a caracteristicilor de funcționare
- Acordări, reglaje, optimizări
- Verificări de anduranță pe stand
- Probe de omologare și puneri în funcțiune
- Expertize tehnice
M
M
M
M
M
M

ICEMENERG

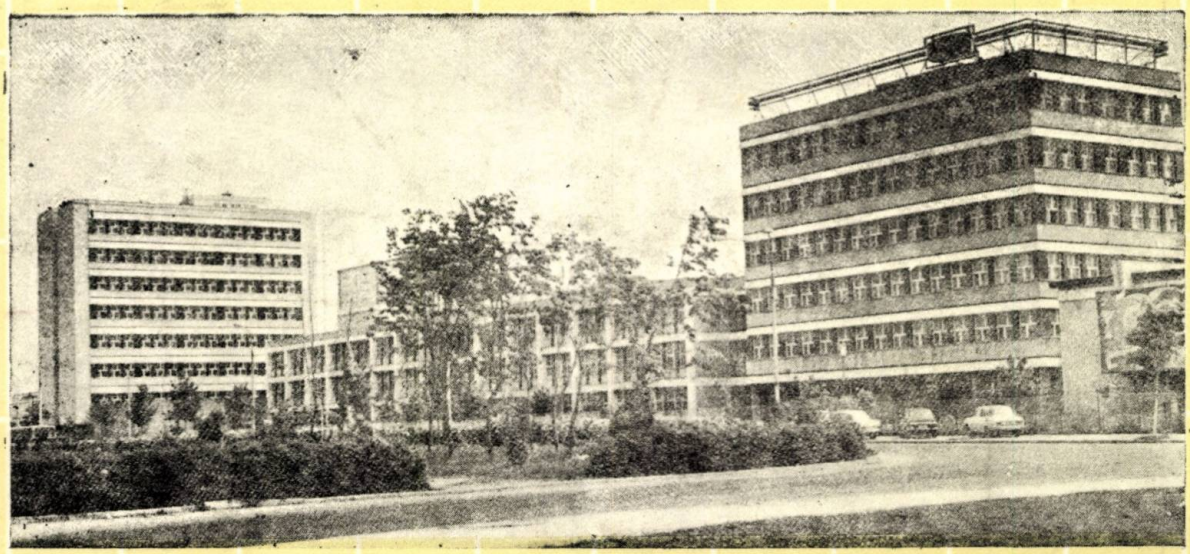
INSTITUTUL DE CERCETĂRI ŞI MODERNIZĂRI ENERGETICE
BUCUREŞTI Sect. III ● B-dul ENERGETICIENILOR, 8 ● Tel. 21.46.30

ICEMENERG employs a highly qualified personnel and it is endowed with the testing equipment and laboratories required by the operation, control and optimization of the thermal, hydro and electrical units for the generation, transmission and distribution of electrical energy. The institute is also endowed with associated equipment for water treatment, control and automation equipment, protective relays, telecommunication and remote-control equipment.

ICEMENERG manufactures small series, specialized remote-control, telecommunication and automation instrumentation, protective relays, as well as testing instruments for power station laboratories, electric plants and networks. Some of these are described in the second part of this catalogue.

ICEMENERG concludes cooperation agreements with foreign trade firms over its performing after-sale services for the imported electrical and electronic measuring and testing instrumentation.

1983 OKT. 06



E 2039

MW

3

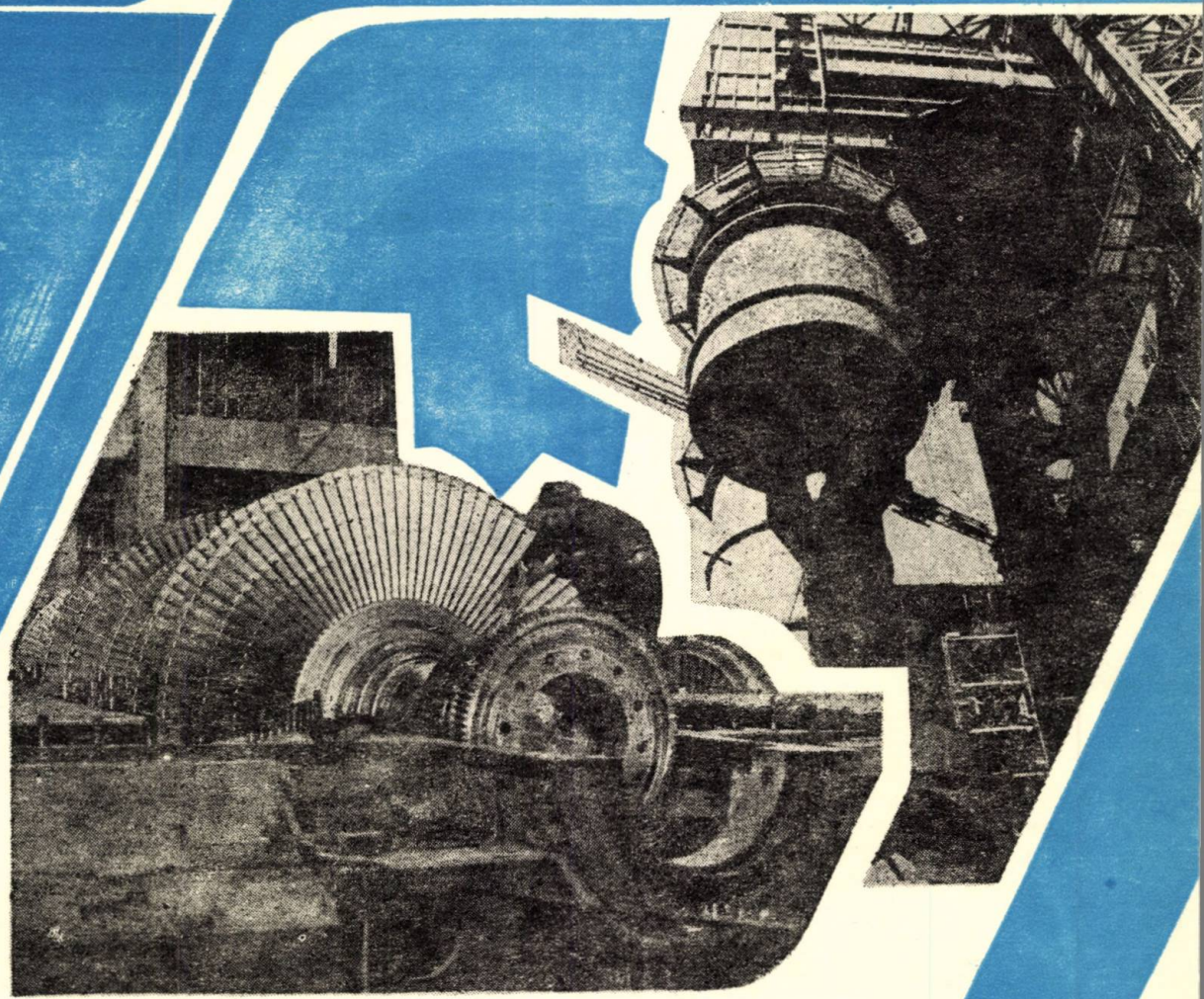
energetica

VOLUMUL XXXI
BUCUREŞTI
MARTIE 1983

REFERALVA

0 6 12 18 24

TRUSTUL ENERGOMONTAJ



Execută montarea, punerea în funcţiune şi darea în exploatare a echipamentelor şi instalaţiilor energetice pentru centrale termoelectrice şi hidroelectrice

Echipamente şi instalaţii pentru centrale termoelectrice şi centrale electrice de termoficare
- cazane de abur de mare capacitate şi parametri înalţi de funcţionare
- turbine cu abur de puteri unitare pînă la 345 MW
- instalaţii de combustibil pentru cărbuni, păcură, gaze
- alte instalaţii termomecanice şi mecanice aferente centralelor termoelectrice.

Echipamente şi instalaţii pentru centrale hidroelectrice şi instalaţii hidrotehnice :
- turbine hidraulice de orice tip, pînă la puteri unitare de 176 MW, conducte forţate
- echipamente şi alte instalaţii pentru centrale hidro şi termoelectrice
- echipamente şi instalaţii pentru ecluze.

Echipamente şi instalaţii electrice pentru centrale termoelectrice şi hidroelectrice, staţii electrice şi instalaţii speciale :
- instalaţii de comutaţie primară pînă la tensiunea de 400 kV inclusiv
- instalaţii de servicii interne în centrale şi staţii electrice
- instalaţii de comutaţie secundară şi de automatizare.

Bucureşti, Calea Dorobanţi nr. 105, telefon 79.70.20, telex 335

ENERGETICA

ORGAN AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ŞI AL CONSILIULUI NAŢIONAL AL INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN REPUBLICA SOCIALISTĂ ROMÂNIA

APARE SUB ÎNDRUMAREA CONSILIULUI ŞTIINŢIFIC AL INSTITUTULUI CENTRAL DE CERCETĂRI ENERGETICE

ANUL 31 **3** martie 1983

COLEGIUL DE REDACŢIE

Dr. ing. **Gh. Bălan** (redactor responsabil adjunct)
Ing. **P. Cartianu**
Ing. **L. Cernuşen**
Ing. **M. M. Dăncilă**
Ing. **H. Furtunescu**
Ing. **N. Georgian**
Dr. ing. **Gh. Luca**
Dr. chim. **Maria Maftei**
Dr. ing. **G. Manolescu**
Ing. **B. Marcu**
Ing. **I Măiereanu** (redactor responsabil adjunct)
Dr. ing. **Călin Mihălleanu** (redactor responsabil)
Prof. dr. doc. **V. I. Nitu**
Dr. ing. **E. Pavel**
Dr. ing. **T. Popa**
Dr. ing. **C. I. Staicu** (secretar redacţie)

Revista „Energetica" este publicaţie lunară devotată preocupărilor spirituale şi realizărilor materiale în domeniul energeticii

Redacţia şi administraţia :
Bucureşti 74568
Bd. Energeticienilor 8, sector 3
Telefon : 20 67 30, 21 46 30

Cuprinsul

C.I. Staicu : **Sesiune omagială de comunicări ştiinţifice cu tema „18 ani de cercetare ştiinţifică, inginerie tehnologică şi introducere a progresului tehnic în energetică" — I.C.C.E.-22 ianuarie 1983** 109—110

ARTICOLE

Gr. C. Ionescu : **Recuperarea căldurii cu hote ecranate la unele cuptoare industriale** 111—117

C. Glava şi Şt. Răgălie : **Considerente tehnico-economice privind economicitatea exploatării cuptoarelor industriale încălzite cu arzătoare autorecuperatoare** 117—121

L. Mihăescu : **Corelaţii între elementele geometrice ale unui arzător de praf de cărbune de tip fantă şi parametrii dinamici şi termici ai jeturilor** (cu prezentare în limba engleză) . . . . 122—133

Al. Selischi şi C. Mucichescu : **Stabilitatea dinamică a generatoarelor sincrone cu luarea în considerare a efectului motoarelor serviciilor interne** 134—137

E. Mîrzan : **Considerente privind eforturile radiale datorate dezechilibrului electromagnetic cu hidrogeneratoarele de pe Olt şi soluţii privind consolidarea suplimentară a lagărelor radiale** 138—145

SCHIMB DE EXPERIENŢA ÎN EXPLOATARE

R. Sfichi : ş.a. **Bilanţul energiei electrice în reţelele I.R.E. Suceava** 145—149

INVENŢII-INOVAŢII 149—150

CRONICA 151—154

RECENZIE 154—155

DIN SUMARUL REVISTELOR 155—156

Revista „Energetica" este editată cu concursul permanent dat de :

chim. **Eleonora Ataman**
dr. ing. **J. Constantineseu**
ing. **T. Dragomir**
ing. **Angela Perea**
dr. ing. **Gh. Popa**
dr. ing. **M. Pomârleanu**
ing. **A. Roşu**
ing. **V. Rugină**
ing. **I. Turcu**

În revista ENERGETICA se publică :

Articole

Informaţii referitoare la : publicaţii recente (cărţi, reviste), noutăţi ştiinţifice şi tehnice, invenţii şi inovaţii, experienţă de exploatare, realizări tehnice remarcabile, manifestări tehnico-ştiinţifice naţionale şi internaţionale (congrese, conferinţe, simpozioane), titluri de articole de specialitate din alte reviste.

Materiale diverse : cronici, recenzii, discuţii la articolele publicate, puncte de vedere ale autorilor, concluziile discuţiilor în jurul meselor rotunde.

Revista ENERGETICA este editată şi administrată de Institutul de cercetări şi modernizări energetice — ICEMENERG.

M. David — şeful Oficiului de informare documentară pentru energetică

ANA MARIA CHIVU — redactor

Instituţiile pot achita abonamentele în contul de virament nr. 30.11.8.01.01 — BN R.S.R. Fil. sect. 3. Costul unui abonament : 144 lei anual ; costul unui exemplar : 12 lei.

Cititorii din străinătate se pot abona la ILEXIM, Departamentul Export-Import Presă, P. O. Box 136—137, telex : 11226, Bucureşti, str. 30 Decembrie, nr. 3.

Tiparul : Întreprinderea poligrafică „Informaţia", Bucureşti, str. Brezoianu 23—25 c 1133. Taxele poştale achitate conform aprobării D.G.P.Tc.nr. 137/6463/1982.

41401

СОДЕРЖАНИЕ

К. И. Стайку: **Торжественная научная Сессия на тему: «18 лет научного исследования, технологической инженерии и введения технологического прогресса в энергетику" — ЦИЭИ — 22 января 1983 г.** 109—110

К. Ионеску: **Рекуперация тепла экранированными зонтами у некоторых промышленных печей** 111—117

К. Глава и Ст. Рэгэлие: **Техно-экономические соображения по вопросу экономичности эксплуатации промышленных печей, нагретых саморекуператорными горелками** 117—121

Л. Михэеску: **Соотношение геометрических элементов горелки для угольной пыли, щелевого типа, с динамическими и тепловыми параметрами потоков** (с изложением на английском языке) 122—133

А. Селески и К. Муцикеску: **Динамическая устойчивость синхронных генераторов, с учётом действия двигателей внутренних нужд** 134—137

Е. Мырзан: **Соображения по вопросу радиальных усилий, появляющихся в результате электромагнетической неуравновешенности гидрогенераторов размещённых на реке Олт и решения по вопросу дополнительного упрочнения радиальных подшипников** 138—145

ОБМЕН ОПЫТОМ В ЭКСПЛУАТАЦИИ 145—149

ИЗОБРЕТЕНИЯ 149—150

ХРОНИКА 151—154

РЕЦЕНЗИИ 154—155

ИЗ СОДЕРЖАНИЯ ЖУРНАЛОВ 155—156

INHALTSVERZEICHNIS

C. I. Staicu: **Festtagung mit wissenschaftlichen Arbeiten zum Thema „18 Jahre wissenschaftlicher Forschung, technologischer Arbeit und technischen Fortschritts in Energiewirtschaft" — Zentralinstitut für Energieforschung — 22 Januar 1983** 109—110

C. Ionescu: **Die Wärmerückgewinnung mit abgeschirmten Rauchfängen bei einigen Industrieöfen** 111—117

C. Glava und St. Răgălie: **Technisch-wirtschaftliche Begründungen für den wirtschaftlichen Betrieb der mit Selbstrückgewinnungs-Brenner beheizten Industrieöfen** 117—121

L. Mihăescu: **Wechselbeziehungen zwischen den geometrischen Elementen eines Schlitz-Kohlenstaubbrenners und den dynamischen und thermischen Parametern der Strahlen** (mit einem Kommentar in Englisch). 122—133

Al. Selischi und C. Mucichescu: **Die dynamische Stabilität der Synchrongeneratoren unter dem Einfluss der Auswirkungen der Motoren für Innendienste** 134—137

E. Mirzan: **Betrachtungen über die durch elektromagnetische Gleichgewichtsstörungen ausgelöste Radialkraft bei den Wasserkraftgeneratoren auf dem Olt-Fluss und Lösungen zur zusätzlichen Verfestigung der Radiallager** 138—145

ERFAHRUNGSAUSTAUSCH IN BETRIEBSFRAGEN 145—149

ERFINDUNGEN-ERNEUERUNGEN 149—150

CHRONIK 151—154

REZENSIONEN 154—155

AUS DEM INHALTSVERZEICHNIS ANDERER ZEITSCHRIFTEN 155—156

SOMMAIRE

C. I. Staicu: **Session anniversaire de communications scientifiques sur le thème „18 ans de recherche scientifique, génie technologique et du progrès technique en énergétique** 109—110

C. Ionescu: **Récupération de la chaleur à l'aide des hottes blindées des fours industriels.** 111—117

C. Glava şi St. Răgălie: **Considérations technico-économiques sur l'économicité de l'exploitation des fours industriels chauffés par brûleurs autorécupérateurs.** 117—121

L. Mihăescu: **Corrélations entre les éléments géométriques d'un brûleur de poussière à charbon à fente et les paramètres dynamiques et thermiques des jets** (présentation en englais) 122—133

Al. Selischi şi C. Mucichescu: **La stabilité dynamique des générateurs synchrones en tenant compte de l'effet des moteurs des services internes.** 134—137

E. Mîrzan : **Considérations sur les contraintes radiales due au déséquilibre électromagnétique des hydrogénérateurs sur Olt et les solutions concernant le renforcement des paliers radials.** 138—145

ECHANGE D'EXPERIENCE EN EXPLOITATION 145—149

INVENTIONS-INNOVATIONS 149—150

CHRONIQUE 151—154

COMPTE-RENDUS 154—155

LA REVUE DES REVUES 155—156

SUMMARIES

C. I. Staicu : **Celebration Session of scientific papers on the topic „18 Years of Scientific Research and of Technological Engineering and Since When Technological Progress Has Been Introduced in Energetics**

Energetica 31 (1983), nr. 3, p. 109—110

Dc 621.365.5 ; 621.68

C. Ionescu : **Heat Recovery by Means of Shield Hoods Mounted on Some Industrial Furnaces**

The lack of vaults or covers causse heat losses in industrial furnaces. This study proposes that the inner boiler back-side to be furnished with externally insulated hoods to recover heat lost by radiation towards the outside. The recovered heat can be used for hot water preparation and providing of hot air for heating or for domestic purposes. This heat recovery system is extremely advantageous with continuously running furnaces, since it allows an increase in thermal efficiency and provides an enhanced heat recovery efficiency.

Energetica 31 (1983), nr. 3, p. 111—117

Dc 621.365.5 ; 621.311.87

C. Glava and St. Răgălie : **Technical and Economic Criteria Regarding the Economic Operation of Industrial Ovens Heated with Self-Recuperating Burners**

In the present-day context of all energy saving increasing the yield of industrial furnaces has become a matter of priority. A possibility of improving the energy yield of this equipment could be the self-recuperating burner mounted on the furnace wall where, on their way out, burnt gases preheat the air moving in countercurrent towards the burner. The authors assess the amount of fuel saving achieved by using such self-recuperating burners instead of conventional type burners, on industrial furnaces operating at temperatures lower than 1100 C, at more than 38 percent of rated consumption. Other advantages are also mentioned, both in the design and in the technological fields, which strongly recommend this device as a feasable solution for the modernization of industrial furnaces.

Energetica 31 (1983), nr. 3, p. 117—121

Dc 621.311.87 ; 622.641166

L. Mihăescu : **Correlations Between the Geometric Elements of a Coal Dust Slot Burner and the Dynamic and Thermal Jets Parameters**

The paper presents several mathematical models for the analytical study of several solid fuel dust burner types. The calculations represent a preliminary stage in their design phase.

Energetica 31 (1983), nr. 3, p. 122—133

Dc 621.311 ; 621.313.12

Selischi, Al. and Mucichescu, C. : **Transient Stability of a Synchronous Generator Considering the Auxiliaries Asynchronous Motors of a Power Station**

The paper deals with the effect of a shortcircuit towards transient stability of a synchronous generator as affected by the asynchronous motors belonging to the auxiliaries of the power station. The mathematical model and the computer program are checked by comparison with tests.

Energetica 31 (1983), nr. 3, p. 134—137

Dc 621.31.21 ; 621.313.12

Mîrzan, E. : **Considerations Regarding Radial Stresses Due to the Electromagnetic Unbalance of the Hydrogenerator on the Olt River and Solutions Regarding the Additional Reinforcing of Radial Bearings**

Starting from the operation experience of the first hydropower plants on the Olt river, the paper presents the qualitative and quantitative analysis of the radial stresses and of the electromagnetically induced vibrations at the generators with protruding poles. A calculation method and some construction and technological solutions regarding the equipment operation improvement are proposed.

Energetica 31 (1983), nr. 3, p. 138—145

EXCHANGE OF EXPERIENCE IN OPERATION 145—149

INVENTIONS-INNOVATIONS 149—150

CHRONICS 151—154

REVIEWS 154—155

FROM THE CONTENTS OF OTHER REVIEWS 155—156

Sesiune omagială de comunicări ştiinţifice cu tema „18 ani de cercetare ştiinţifică, inginerie tehnologică şi introducere a progresului tehnic în energetică" — I.C.C.E. — 22 ianuarie 1983

Specialişti din cercetare, proiectare şi producţie, cadre de conducere din Ministerul Energiei Electrice, reprezentanţi ai Consiliului Naţional pentru Ştiinţă şi Tehnologie au analizat rezultatele obţinute în cei 18 ani de cercetare în folosul energeticii naţionale, în înfăptuirea strategiei partidului nostru de edificare prin forţe proprii, într-un cadru de largă şi echitabilă cooperare internaţională, a independenţei energetice a ţării. S-au trecut în revistă cele mai importante realizări şi perspectivele create de programul-directivă de profil adoptat de Congresul al XII-lea dezvoltării bazei energetice naţionale. În lumina programului energetic aprobat de recenta Conferinţă Naţională s-au evidenţiat soluţii şi măsuri prin care cercetarea să-şi sporească contribuţia la rezolvarea problemelor din domeniul energeticii.

Participanţii la sesiune au exprimat sentimentele de adîncă recunoştinţă şi de profundă satisfacţie ale tuturor oamenilor muncii din cercetarea energetică pentru grija permanentă şi atenţia deosebită de care acest domeniu de activitate se bucură din partea conducătorului partidului şi statului nostru, tovarăşul Nicolae Ceauşescu , căruia îi aparţine întreaga concepţie de făurire şi dezvoltare a energeticii moderne în ţara noastră. În cadrul lucrărilor s-a reliefat contribuţia deosebită la orientarea şi desfăşurarea activităţii de cercetare ştiinţifică şi inginerie tehnologică din domeniul energeticii, a îndrumărilor şi orientărilor date de tovarăşa academician doctor inginer Elena Ceauşescu, om de ştiinţă şi personalitate politică de prestigiu mondial, preşedintele Consiliului Naţional pentru Ştiinţă şi Tehnologie.

În încheierea sesiunii, participanţii au adresat tovarăşului Nicolae Ceauşescu, secretar general al Partidului Comunist Român, preşedintele Republicii Socialiste România, următoarea telegramă :

Mult stimate şi iubite tovarăşe

NICOLAE CEAUŞESCU

Cu prilejul aniversării zilei dumneavoastră de naştere şi al împlinirii a 50 de ani de activitate revoluţionară, noi, oamenii muncii din Institutul Central de Cercetări Energetice, avem deosebita satisfacţie de a vă adresa, din toată inima, călduroase felicitări, împreună cu cele mai bune urări de sănătate, fericire şi viaţă îndelungată.

În perspectiva celor 18 ani de istorie nouă, revoluţionară, care s-au scurs de la Congresul al IX-lea, cînd dumneavoastră, stimate tovarăşe NICOLAE CEAUŞESCU — cel mai iubit fiu al poporului nostru — aţi fost investit în cea mai înaltă funcţie de conducere în partid, participanţii la Sesiunea de comunicări tehnico-ştiinţifice cu tema „18 ani de cercetare ştiinţifică, dezvoltare tehnologică şi introducere a progresului tehnic în energetică", organizată de Institutul Central de Cercetări Energetice, îşi exprimă adînca lor recunoştinţă şi profunda satisfacţie pentru grija permanentă şi atenţia pe care o purtaţi progresului continuu al forţelor de producţie în patria noastră, ramurii energiei în cadrul căreia activăm.

În lumina orientărilor de mare profunzime analitică, ştiinţifică, realistă, cuprinse în magistrala cuvîntare rostită la Conferinţa Naţională a partidului, sesiunea noastră îşi propune să analizeze şi să dezbată într-un spirit critic, revoluţionar şi ştiinţific rezultatele obţinute în cei 18 ani de activitate de cercetare energetică departamentală organizată în ţara noastră.

Pe deplin conştienţi de însemnătatea şi semnificaţiile majore pe care le au pentru întreaga noastră activitate pe tărîm energetic preţioasele dumneavoastră indicaţii, energeticienii din ţara noastră sînt ferm hotărîţi să traducă în viaţă obiectivele prevăzute în Programul-directivă de cercetare şi dezvoltare în domeniul energiei pe perioada 1981—1990 şi orientările principale pînă în anul 2000, privind valorificarea integrală a potenţialului hidroenergetic al ţării, extinderea utilizării cărbunilor şi şisturilor în centralele termoelectrice, valorificarea surselor noi de energie şi a tehnologiilor noi, creşterea siguranţei în funcţionare a sistemului energetic naţional, reducerea consumurilor proprii tehnologice în producerea, transportul şi distribuţia energiei electrice şi termice.

Dorim să vă exprimăm şi cu acest prilej că ne angajăm plenar, mult stimate şi iubite tovarăşe NICOLAE CEAUŞESCU, să acţionăm cu întreaga noastră capacitate de muncă şi creaţie pentru înfăptuirea neabătută a sarcinilor ce ne revin din documentele Congresului al XII-lea, a indicaţiilor dumneavoastră, pentru asigurarea progresului continuu al energeticii româneşti, pentru ridicarea scumpei noastre patrii pe culmi ale civilizaţiei şi progresului, de înaintare spre comunism.

Titlurile și autorii referatelor prezentate

Lucrări în plen

1. Cercetarea științifică în strategia independenței energetice
   Dr. ing. Călin Mihăileanu, director general ICCE
2. Probleme generale ale dezvoltării rețelelor sistemului energetic național în lumina directivelor conducerii superioare
   Dr. ing. Nicolae Armencoiu, director ISPE
3. Realizări și perspective în amenajarea potențialului hidroenergetic
   ing. Ion Leuștean, director ISPH

SECȚIA I — Producerea energiei electrice și termice

1. Creșterea fiabilității echipamentelor electrice ale grupurilor termoenergetice de 330 și 50 MW

Autori : dr. ing. Gheorghe Bălan-ICEMENERG
dr. ing. Badea Popa — ICEMENERG
ing. Alexandru Blada—ICEMENERG
ing. Dan Dimitriu — ICEMENERG
ing. Dan Zlatanovici — ICEMENERG

2. Contribuția ICEMENERG la creșterea siguranței în funcționare a echipamentelor termoenergetice ale grupurilor de 330 MW și 50 MW fabricate în țară

Autor : ing. Teodor Bodu — ICEMENERG

3. Aplicarea de tehnologii pentru îmbogățirea lignitului și a șisturilor bituminoase

Autori: dr. chim. Maria Maftei—ICEMENERG
ing. Valentina Bălan—ICEMENERG

4. Soluții pentru înlocuirea hidrocarburilor de adaos la cazanele cu lignit din centralele termoelectrice

Autori : ing. Gheorghe Chercea—ICEMENERG
dr. ing. Theodor Popa—ICEMENERG
ing. Mircea Rădulescu—ICEMENERG
ing. Anton Roșu — ICEMENERG
ing. Cristian Totolo — ICEMENERG

5. Îmbunătățirea gospodăriilor de cărbune din termocentrale, controlul operativ al cantității și calității cărbunelui

Autori : ing. Ștefan Popovici — ICEMENERG
dr. ing. Mihaela Grigoriu—ICEMENERG
ing. Octavian Guțu — ICEMENERG

6. Consumuri specifice de combustibil în exploatarea blocurilor de 330 MV fabricate în R.S.R. funcționînd pe lignit

Autor : dr. ing. Dan Goliciu—ICEMENERG

7. Stadiul actual și perspective de dezvoltare ale sistemelor de termoficare în România

Autori : dr. ing. Nicolae Armencoiu—ISPE
ing. Nicolae Niculescu — ISPE

8. Perfecționarea pregătirii profesionale a personalului din ramura energiei electrice și termice

Autor : ing. Miron Popescu — CPL

SECȚIA a II-a — Rețele electrice. Automatizări și economie de energie

1. Soluții de reducere a consumurilor proprii tehnologice în transportul și distribuția energiei electrice

Autori : dr. ing. Gheorghe Bălan-ICEMENERG
dr. ing. Jean Constantinescu—ICEMENERG
dr. ing. Traian Ionescu—ICEMENERG
dr. ing. Marius Pomârleanu—ICEMENERG
ing. Viorel Neagu — ICEMENERG

2. Conducerea prin calculator a proceselor tehnologice din centralele electrice

Autori : dr. ing. Constantina Berbece
ICEMENERG
ing. Ion Lupașcu — ICEMENERG
ing. Adrian Păsculescu—ICEMENERG
teh. pr. Constantin Berbece —
ICEMENERG

3. Probleme privind gospodărirea cu eficiență mărită a energiei și combustibilului în sistemul electroenergetic național

Autori : ing. Bernard Marcu — ICEMENERG
ing. Dumitru Preda — ICEMENERG
ing. Vasile Rugină — ICEMENERG
dr. ing. Haralambie Cristea —
ICEMENERG

4. Receptoare de energie de randamente ridicate și consumuri reduse

Autori : ing. Dumitru Preda—ICEMENERG
ing. Șerban Cotenescu — ICEMENERG

5. Reducerea importului prin realizarea în ICEMENERG de aparate de măsură și control

Autor : ing. Sergiu Săndulescu—ICEMENERG

SECȚIA a III-a — Surse noi și refolosibile

1. Cercetări pentru valorificarea surselor noi, regenerabile de energie
   Partea I — Conversia termodinamică a energiei solare

Autori : ing. Constantin Popescu —
— ICEMENERG
ing. Victor Vărzaru—ICEMENERG
ing. Vladimir Stoenescu —
ICEMENERG

Partea a II-a — Utilizarea forței vîntului

Autori : ing. Gheorghe Voicu — ICEMENERG
ing. Vergiliu Vlad — ICEMENERG
ing. Cristian Țînțăreanu —
ICEMENERG
ing. Mauriciu Tudor—ICEMENERG

2. Pompa de căldură — procedeu eficient de folosire în sectoarele de consum a energiei recuperabile

Autori : ing. Alexandru Florescu —
ICEMENERG
ing. Natalia Burchiu—ICEMENERG
ing. Mircea Ghițulescu—ICEMENERG
ing. Toma Dragomir—ICEMENERG

Dr. ing. Constantin I. Staicu —
secretar de redacție al revistei „Energetica"

Recuperarea căldurii cu hote ecranate la unele cuptoare industriale

Ing. C. Gr. Ionescu *

Generalități

Cuptoarele pentru încălzit și pentru tratat termic metalele, cuptoarele de uscat forme și miezuri, fără bolți sau capace, cu arzătoare panou, cuptoarele cu creuzete pentru topit metalele și aliajele neferoase etc., care utilizează flăcări deschise libere, sau cuptoarele care prezintă scăpări mari de flăcări sînt caracterizate prin pierderi de căldură foarte mari. Randamentele lor termice sînt de 15—30% la topirea metalelor sau de 20—30% la tratamentul termic al oțelului [1]. Numărul mare de cuptoare de acest tip, care consumă combustibili superiori, face ca aceste pierderi de căldură să fie foarte importante din punct de vedere economic.

1. Nivelul tehnicii actuale

Aceste cuptoare se echipează cu hote metalice pentru evacuarea gazelor arse, avînd tiraj natural sau forțat, conform cu normativele de protecție a muncii în vigoare [2].

Pentru a putea utiliza hote și ventilatoare de tiraj din materiale rezistente la temperaturi obișnuite, 100—200°C, gazele arse sînt amestecate cu mari cantități de aer din mediul înconjurător. Aceasta mărește durata de funcționare a hotelor și ventilatoarelor, dar prezintă următoarele dezavantaje :

a) mărește debitul și presiunea ventilatoarelor și consumul de energie aferent lor ;

b) reduce eficacitatea ventilației de absorbție.

Unele cuptoare cu creuzete de topit utilizează capace cu orificii pentru evacuarea gazelor arse, conform figurii 2, constituite dintr-un strat de material refractar și un strat de material termoizolator fixate de un schelet metalic.

Dezavantajele utilizării acestor capace sînt următoarele :

a) Prezența stratului termoizolator mărește temperatura stratului refractar, ceea ce duce la distrugerea acestuia prin ardere sau dilatare. Renunțarea la stratul termoizolator provoacă creșterea, în mare măsură, a pierderilor de căldură în mediul înconjurător.

b) Cuptoarele cu productivitate mărită necesită antefocare pentru generarea gazelor arse.

S-au făcut încercări de a aspira gazele arse direct din cuptor prin orificii și conducte laterale (reprezentate punctat în figura 2) [4]. Acestea prezintă următoarele dezavantaje :

— aspirația de flăcări în tuburi provoacă arderea lor. Realizarea unor tuburi din oțeluri refractare este costisitoare ;

— nu s-au realizat izolații termice care să reziste la temperaturi de 900—1200°C și care să înlăture pierderile de căldură prin aceste tuburi.

Din aceste cauze s-a renunțat la aceste structuri.

În tehnica actuală nu se cunosc alte soluții pentru recuperarea pierderilor de căldură la aceste cuptoare.

2. Aspecte teoretice privind transmiterea de căldură prin radiație în ecranele recuperatoare

La cuptoarele care fac obiectul acestui articol, pierderile de căldură în mediul înconjurător sînt mai mari decît la alte cuptoare din următoarele cauze :

a) lipsesc bolțile și de multe ori capacele ;

b) adesea între hote și capace există spații libere, care măresc pierderile de căldură prin radiație ;

c) prin spațiile menționate la pct. b se infiltrează mari cantități de aer în hotă, ceea ce micșorează temperatura gazelor arse, dar mărește mult pierderile de energie (așa cum se va arăta la pct. 5.1.);

d) hotele sînt, în majoritatea cazurilor neizolate termic.

Din totalul pierderilor, cota constituită de pierderile de căldură prin radiație de la gazele arse, de la flăcările libere sau scăpate prin neetanșeități sau orificii, de la oglinzile de metal topit este foarte mare.

În continuare sînt prezentate unele sisteme noi de recuperare a căldurii prin radiație pentru aceste cuptoare realizate la Intreprinderea 23 August.

În figura 1 este reprezentată schema unui cuptor de uscare rapidă a miezurilor de turnătorie, iar în figura 2 este reprezentată schema unui cuptor de topit metale și aliaje neferoase.

Aceste cuptoare sînt echipate cu hote constituite din ecrane dintr-un singur rînd de țevi, acoperite cu tablă de oțel cu grosimea 1,5 mm și un strat de izolație termică din : azbest, vată de sticlă, vată minerală etc., așa cum rezultă din detaliile *A* ale figurilor 1 și 2.

Căldura cedată de gazele arse din hotă, de flăcările scăpate prin orificiile a și b, ca și de oglinda de metal topit, se transmite prin radiație la ecranele de țevi și este recuperată în cea

* Ing. C. Gr. Ionescu este proiectant principal în Sectorul Proiectare, Autoutilare, Sistematizare din Întreprinderea „23 August".

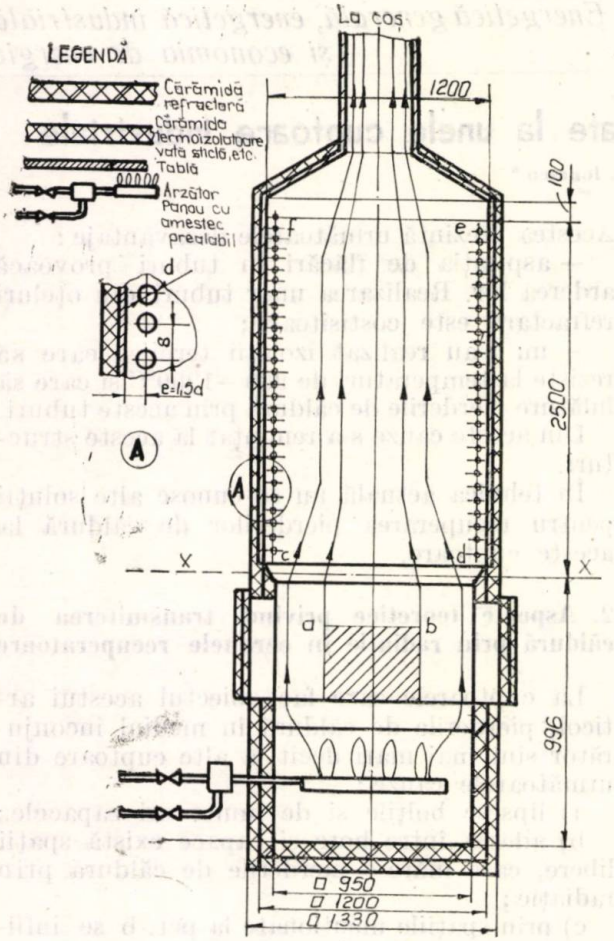


Fig. 1. Schema unui uscător rapid de radiație cu hotă recuperator pentru miezuri de turnătorie.

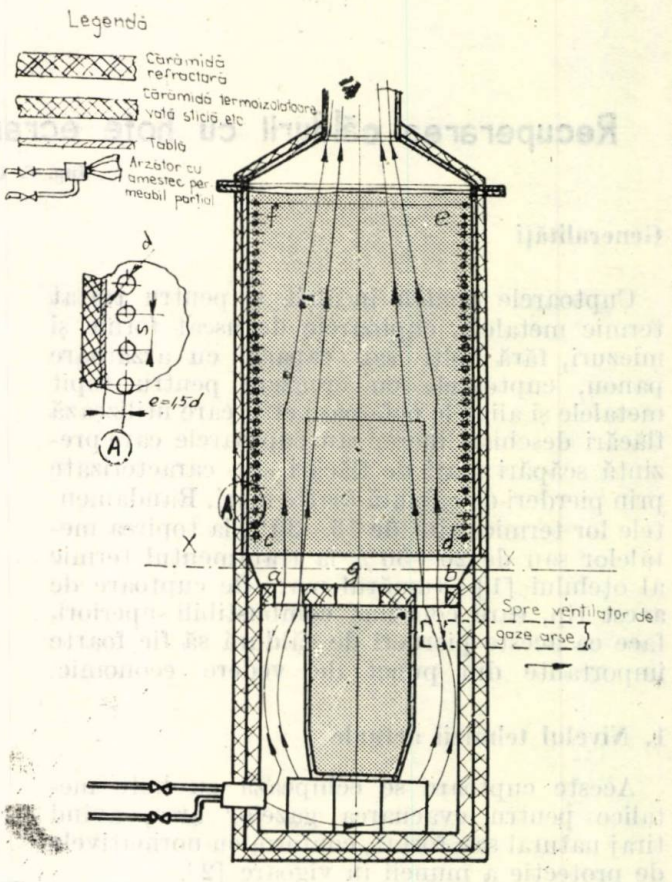


Fig. 2. Schema unui cuptor cu creuzet și hotă recuperator pentru topit metale neferoase.

mai mare parte și utilizată la prepararea apei calde cu temperaturi mari sau a aerului cald, pentru încălzire și în scopuri menajere.

Întrucît viteza gazelor arse în hotă este foarte mică, transmiterea de căldură prin convecție este neglijabilă. Transmiterea de căldură prin radiație este însă foarte mare, deoarece amestecul de gaze arse-aer este transparent la radiații. Se recomandă ca transmiterea de căldură să fie intensificată prin diferite sisteme, ca: utilizare de spații subțiri, țevi cu aripioare etc.

În figurile 1 și 2, liniile de axă $x-x$ separă spațiile cuptoarelor (care se găsesc dedesubt) de spațiile hotelor cu recuperatoare (care se găsesc deasupra). Cantitatea de căldură transmisă prin radiație de la gazele arse și flăcările scăpate către ecranul recuperator se calculează după metoda cunoscută a dimensionării focarelor ecranate [3], iar transmiterea de căldură și bilanțurile termice în cuptoarele de sub liniile $x-x$ se calculează conform principiilor de calcul termic ale cuptoarelor [4]. În figurile 1 și 2 au fost delimitate volumele focarelor cu pereți ecranați conform [3, 5], prin contururile *cdef*.

Căldura recuperată prin radiație de ecranele hotelor recuperatoare se calculează conform [3] cu relația:

$$Q_{RS} = \Phi B_{ef} (V_g c_g)_m (T_t - T_f) W\left[\frac{\text{kcal}}{h}\right] \quad (1)$$

în care:

Φ este un coeficient care ține seama de pierderea de căldură prin pereții izolați termic ai focarului și se calculează conform [5] și tabelului 2;

$(V_g\ c_g)_m$ — produsul dintre volumul de gaze rezultat la arderea unității de combustibil și căldura volumică medie la presiune constantă a gazelor arse. Acest produs se calculează conform [6], cu relația:

$$(V_g\ c_g)_m = \frac{I_t - I_p}{T_t - T_p}, \quad (2)$$

în care:

T_t este temperatura teoretică a gazelor arse la intrare în recuperator la linia *cd*, în °K;

T_f — temperatura teoretică a gazelor arse la ieșirea din recuperator la linia *ef*, în °K;

I_t —entalpia gazelor arse la T_t, în $\frac{kJ}{m^3N comb.}$;

I_f — entalpia gazelor arse la T_f, în $\frac{kJ}{m^3N comb.}$;

B_{ef} — consumul de combustibil, care conform [3] este egal cu:

$$B_{ef} = \left(1 - \frac{g_m}{100}\right) B \left[\frac{Nm^3}{h}\right] \qquad (3)$$

unde:

g_m este pierderea prin ardere mecanică incompletă, care pentru gaz natural este 0;

B — consumul de combustibil al cuptorului, în Nm^3/h sau $Nm^3/ciclu$, determinat din bilanțul termic al cuptoarelor.

La cuptoarele de uscare rapidă (vezi figura 1), temperatura gazelor arse t_t în spațiul de ardere al cuptorului este 600—800°C, datorită excesului mare de aer caracteristic lor. La cuptoarele de topit (vezi figura 2), temperatura gazelor arse t_t în spațiul de ardere al cuptorului este 800—1000°C, datorită excesului de aer prin infiltrări prin ușile de încărcare și neetanșeități.

Se alege temperatura T_f la linia *ef* și se calculează O_{RS}. Valoarea lui T_f se calculează conform [3], cu relația:

$$T_f = \frac{T_t}{\left[M \frac{5{,}67 \cdot 10^{-8}\, \varepsilon_f T_t^3 S_R}{Q_{RS}(T_t - T_f)}\right]^{0{,}6} + 1} \qquad (4)$$

Determinarea elementelor acestei relații se efectuează conform [3] și este dată în tabelul 5 (exemplu de calcul pentru cuptorul din figura 1). La calculul efectuat cu relația (4) conform [3], la excese mari de aer $\lambda > 2$ nu se iau în considerare pierderile prin radierea flăcărilor scăpate și a oglinzilor de metal topit.

3. Exemplu de aplicație industrială

3.1. S-a pus problema calculării unui uscător rapid prin radiație pentru miezuri de turnătorie, care să fie echipat cu o hotă recuperatoare pentru prepararea apei calde cu temperatura 65—80°C. Miezurile uscate au dimensiunile 0,5×0,5×0,42 m și greutatea $G_0 = 160$ kg. Ciclul de uscare este 20 min. Durata de deschidere a ușii pentru introducerea și scoaterea mecanizată a unui miez este 0,15.20=3 min. Într-o oră se usucă trei miezuri cu greutatea $G_t = 480$ kg. Temperatura de uscare a miezurilor este 400°C. Întrucît uscarea trebuie să fie rapidă și intensă, se utilizează ca agent de uscare cu temperatura maximă 700°C, iar transmiterea de căldură are loc prin radiere. Temperatura gazelor arse la intrare în hota cu recuperator la linia *cd* este $t_t = 460$°C.

Umiditatea inițială a miezurilor este $U_1 = 10\%$.

Umiditatea finală a miezurilor este $U_2 = 0{,}25\%$,

Gazele arse evacuate în coșul de fum preîncălzesc aerul de ardere la 200°C într-un recuperator primar convectiv.

3.2. *Soluționare.* Schema și dimensiunile cuptorului și ale hotei anexe sînt date în figura 1. Calculul volumului focarului, al suprafeței pereților ecranați și al suprafeței de radiație a ecranelor este dat în tabelul 5.

Cantitatea de apă continută de un miez se determină cu relația [8]:

$$G_u = \frac{G_0(u_1 - u_2)}{100 - u_2} = \frac{160\,(10 - 0{,}25)}{100 - 0{,}25} = 15{,}64 \text{ kg} \qquad (5)$$

Cantitatea de apă vaporizată într-o oră este $3 \times 15{,}64 = 47$ kg.

Excesul de aer se alege $\lambda = 2{,}68$.

Debitul de gaze arse rezultat la arderea a 1 N m^3 gaz natural se calculează cu relațiile:

$$V_{gtot} = V_{CO_2} + V_{H_2O} + V_{N_2} + (\lambda - 1) L_{V_0} \left[\frac{Nm^3 g.a}{Nm^3 comb}\right] \qquad (6)$$

$$V_{gtot} = 1 + 2 + 7{,}5 + (2{,}68 - 1)\, 9{,}5 \left[\frac{Nm^3 g.a}{Nm^3 \text{ com } b}\right] \qquad (7)$$

Se alege temperatura gazelor arse la ieșirea din focarul recuperatorului la linia ef: $t_f = 300$°C.

Calculul consumului de combustibil rezultat din bilanțul termic al cuptorului de uscare este dat în tabelul 1.

Calculul căldurii recuperate prin radiere de ecranul recuperator este dat în tabelele 2 și 3.

Verificarea temperaturii gazelor arse T_f se efectuează cu formula (4) și este dată în tabelul 4. Determinarea coeficientului de emisie a focarului și a suprafeței de radiație este dată în tabelul 5. Coeficientul de formă se determină din diagrame conform [3, 5] și este $x = 0{,}98$.

Conform [3, 5] factorul M se determină cu relația:

$$M = 0{,}54 - bX, \qquad (8)$$

în care:

$X = 0$, deoarece gazele arse vin din cuptor și pătrund prin spațiile *a* și *b* așezate la limita inferioară a focarului. Focarul recuperatorului nu are arzătoare. La verificarea lui T_f cu formula (4) eroarea este sub valoarea indicată în [3].

Valoarea lui K_g s-a determinat conform [3] în cazul $\lambda > 2$ și $K_f = 0$. Conform bilanțului termic din tabelul 1, prin utilizarea recuperării primare cu schimbătoare de căldură convective,

Tabelul 1

Bilanțul termic al unui cuptor de uscare rapidă prin radiație a miezurilor de turnătorie cu funcționare continuă

Denumirea componenței și simbolul ei	Formulă	Date numerice	Cuptor fără recuperare		Cuptor cu recuperare primară		Cuptor cu hotă recuperator secundar	
A. INTRĂRI			W (kcal/h)	%	W (kcal/h)	%	W(kcal/h)	%
Căldura chimică a combustibilului, Q *i*	CH_2	$32{,}59 \cdot 8500$	276752(237964)	100	276752 (237964)		276752 (237964)	
Căldura aerului de ardere încălzit la 200°C, Q *RP*	$Q_{RP} = -V_L$ C cota	$-15{,}96 \times 0{,}37 \times 200 \times 32{,}59$			−33069 (−28434,3)		−33069 (−28434,3)	
TOTAL			276752(237964)	100	243683 (209529,68)	100	243683 (209529,68)	100
B. IEȘIRI								
Căldura recuperată în recuperator secundar, Q_{RS}							47680 (40997)	19,6
Căldura necesară pentru vaporizare și încălzire apă, Q *U*	$Q_U = G\,[i_a + 600]$	$3 \cdot 15{,}64\,[266 + 697{,}8]$	45395 (39032)	16,4	45395(39032)	18,6	45395(39032)	18,6
Căldura necesară pentru încălzire nisip la 400°C, Q_t	$Q_t = (G_U - g_U)\,C_N(t_N - t_e)$	$3(160-15{,}7)\,0{,}221\,(400-20)$	36355 (31260)	13,14	36355(31260)	14,9	36355(31260)	14,9
Căldura pierdută pentru încălzire cutie metalică, Q *m*	$Q_m = G_m\,C_m\,(t_m - t_e)$	$30 \cdot 0{,}157\,(400-20)$	1789,8 (1539)	0,646	1789,8 (1539)	0,734	1789,8 (1539)	0,734
Căldu pierdută prin pereți, Q_p	$Q_p = \dfrac{(tp - te)\,Spi}{\frac{\delta s}{\lambda s} + \frac{\delta iz}{\lambda iz} + \frac{\delta az}{\lambda az} + \frac{1}{\alpha R}}$	$\dfrac{(700-20)\cdot 3{,}785}{\frac{0{,}125}{1{,}34} + \frac{0{,}065}{0{,}17} + \frac{0{,}1}{0{,}23} + \frac{1}{8{,}37}}$	6174,29 (5308,9)	2,23	6174,29 (5308,9)	2,53	6174,29(5308,9)	2,53
Căldura pierdută prin răcirea zidăriei la încărcarea șarjei, Q_z	$Q_z = 0{,}55\,tpi\,\sqrt{t_{med}\,\tau Spi}$	$0{,}64 \cdot 700\,\sqrt{675 \cdot 0{,}15} \cdot 3{,}785$	16956,8 (14580)	6,127	16956,8 (14580)	6,958	16956,8 (14580)	6,958
Căldura pierdută prin radiații prin orificii, Qr	$Q_r = \mathrm{CoSo}\,\Phi\left[\left(\frac{tpi + 273}{100}\right)^4 - \left(\frac{tpe+273}{100}\right)^4\right]$	$5{,}67 \cdot 0{,}45 \cdot 0{,}02\left[\left(\frac{700+273}{100}\right)^4 - \left(\frac{20+273}{100}\right)^4\right]$	453,6(390)	0,16	453,6 (390)	0,186	453,6 (390)	0,186
Căldura pierdută cu gaze arse evacuate, Q_{ge}	$VgCog\,t_f$	$32{,}6 \cdot 26{,}4 \cdot 0{,}427 \cdot 460$	169327,8 (145596)	61,18	136258,8 (117161,4)	55,9	88578,8 (76164)	36,3
Randament termic cuptor	$\eta = \dfrac{Q_U}{Q_i}$	$\dfrac{45399}{276752}$		16,4	—			
Randament termic cuptor cu recuperare primară	$\eta_c = \dfrac{Q_U}{Q_i - Q_{RP}}$				$\dfrac{49595}{243683}$	18,63		
Randament termic cuptor cu recuperare primară și secundară	$\eta_c = \dfrac{Q_U + Q_{RS}}{Q_i - Q_{RP}}$						$\dfrac{45395+47680}{243683}$	38,2
Creștere de randament						2,2		21,8

Tabelul 2

Calculul căldurii recuperate

Componenţa	Bibl.	Formulă	Date numerice	Rezultat	
				W	kcal/h
Q_R	[3]	$Q_R = \Phi B_{ef} (V_g C_g) m (T_t - T_f)$	$0,968 \cdot 32,6 \cdot 9,4 (733-573)$	47680	40997

Tabelul 3

Determinarea elementelor forumulei din tabelul 2

Componenţa	Bibl.	Formula	Date numerice	Rezultat, %
Φ	[3]	$\Phi = 1 - \frac{qe}{100}$	$\Phi = 1 - \frac{3,2}{100}$	0,968
B_{ef}	[3]	$B_{ef} = B\left(1 - \frac{qm}{100}\right)$	$B_{ef} = 32,6\left(1 - \frac{0}{100}\right)$	32,6
$(V_g C_g) m$	[3]	$\frac{I\,500 - I\,300}{T_t - T_f} \cdot 1,163$	$\frac{4000-2700}{733-573} \cdot 1,163$	9,4

Tabelul 4

Calculul de verificare al recuperatorului

Componenţa	Bibl.	Formula	Date numerice
T_f	[3]	$T_f = \frac{T_t}{M\left[\frac{5,67 \cdot 10^{-8} \varepsilon_f \cdot Tt^3 \cdot SR}{Q_R/(T_t - T_f)}\right]^{0,6} + 1}$	$T_f = \frac{733}{0,54\left[\frac{5,67 \cdot 10^{-8} \cdot 0,21278 \cdot 733^3 \cdot 13,17}{47680\,(733-573)}\right]^{0,6} + 1} = 605°K$

$t_f = 605 - 273 = 332$ °C

Tabelul 5

Determinarea coeficientului de emisie al focarului recuperatorului

Componeţa	Bibl.	Fig.	Formula	Date numerice	Rezultat
ε_f	[3]	—	$\varepsilon_f = \frac{\varepsilon_{fl}}{\varepsilon_{fl} + (1 - \varepsilon_{fl})\,\psi_m}$	$\frac{0,193}{0,193 + (1-0,193) \cdot 0,885}$	0,21278
ε_{fl}	[3]	—	$\varepsilon_{fl} = 1 - e^{-kgPS}$	$1 - e^{0,247 \cdot 0,87}$	0,193
S	[3]	—	$S = 3,6\, V_f / S_f$	$3,6,\ \frac{3,6}{14,88}$	0,87
kg	[3]	—	$\left[\frac{0,78 + 1,6 \cdot rH_2O}{\sqrt{(P_{RO_2} + P_{H_2O})\,S}} - 0,1\right]\left(1 - 0,37\frac{T_f}{1000}\right) \cdot \left(r_{RO_2} + r_{HO_2}\right)$	$\left[\frac{0,78 + 1,6 \cdot 0,0756}{\sqrt{0,1134 \cdot 0,87}} - 0,1\right] \times \left(1 - 0,37\frac{573}{1000}\right) \times 0,1134$	0,247
$P_{RO_2} = r_{RO_2}$	[3]	—	$P_{RO_2} = P r_{RO_2} = \gamma r_{RO_2} = \frac{V_{CO_2}}{V_g\ tot}$	1/26,4	0,0378
$P_{H_2O} - r_{H_2O}$	[3]	—	$P_{H_2O} = P r_{H_2O} = V_{H_2O} = \frac{V_{H_2O}}{Vg\ tot}$	2/26,4	0,0756
S_f	[3]	fig. 1	$40a \times 1 \times a \times a \times 2$	$1,2 \times 4 \times 2,5 + 1,44 \times 2$	14,88 m²
V_f	[3]	fig. 1	$a^2 1$	$1,2^2 \cdot 2,5$	3,6 m³
S_e	[3]	fig. 1	$4a \times 1 + a$	$1,2 \times 4 \times 2,5 + 1,44$	13,44 m²
S_R	[3]	fig. 1	$x\ S_e = x\,(4a \times 1 + a^2)$	$0,98 \cdot 13,44$	13,17 m²
ψ_m	[3]	fig. 1	$\frac{x\ S_e}{S_f}$	$\frac{13,17}{14,88}$	0,885

randamentul termic al cuptorului crește cu 2,2 %, iar pierderile de căldură cu gazele arse scad de la 61,18 % la 55,9 %. Calculul recuperatorului convectiv nu constituie obiectul acestui articol. Prin introducerea recuperării secundare cu hote ecranate de radiație, randamentul termic al cuptorului crește cu 21,8 %, iar pierderile de căldură cu gazele arse scad de la 55,9 % la 36,3 %, deci scad cu 19,6 %. După cum s-a arătat la pct. 2 din pierderea de căldură cu gazele arse nu s-au scăzut pierderile de căldură prin radiere de la flăcările scăpate. În figura 3 este dată diagrama Sankay a pierderilor de căldură pentru cuptorul de uscare cu hotă recuperator prezentat în tabelul 1.

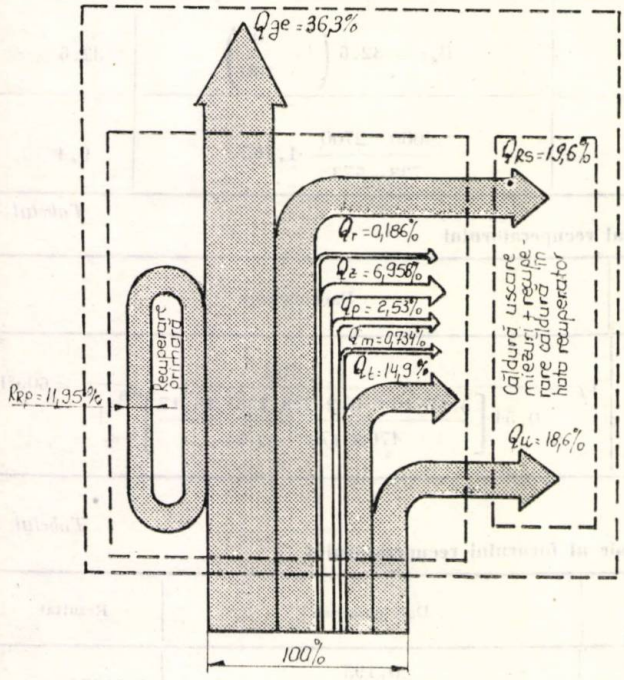


Fig. 3. Diagrama Sankay pentru cuptorul cu recuperatoare secundar și primar reprezentat în figura 1.

4. Rezultate ale aplicațiilor industriale

Recuperatoare conform celor prezentate în figura 1 au fost realizate în Întreprinderea 23 August la patru cuptoare de uscare rapidă prin radiație cu funcționare continuă. Acestea livrează anual circa 2500 Gcal apă caldă cu temperatura 65—80°C, care se utilizează în scopuri menajere și la încălzire. Elementele constructive și circuitele termice ale instalațiilor menționate constituie obiectul invenției [10].

Recuperatoarele menționate sînt exclusiv tubulare, funcționînd pe principiul trecerii forțate a apei.

Eliminarea volumului mare de apă supus la flacără înlătură pericolul de explozie. Instalațiile au fost prevăzute cu dispozitive de siguranță și protecție. Recuperatoarele se pot racorda în serie sau paralel.

5. Avantajele soluției analizate

Principalele avantaje ale recuperării pierderilor de căldură din zona hotelor cu recuperatoare de radiație în raport cu recuperarea căldurii cu recuperatoare de convecție sînt :

5.1. Transferul de căldură în zona hotei are loc exclusiv prin radiație și la temperaturi mari (600—1000°C). La aceste temperaturi schimbul de căldură este foarte eficient. Recuperatoarele sînt construite din ecrane cu unul sau două rînduri de țevi.

În zona canalului de fum sau a coșului temperatura gazelor arse scade de la 600—1000°C la 200—300°C, datorită pierderilor de căldură prin pereți și infiltrațiilor de aer rece [9]. La aceste temperaturi mici și datorită concentrației reduse de $CO_2 + H_2O$ în gazele arse, radiația este neglijabilă. Este necesară deci pentru recuperarea căldurii introducerea convecției, care se realizează cu ventilatoare avînd consumuri mari de energie electrică sau coșuri gigantice. Schimbătoarele de căldură prin convecție necesită multe rînduri de țevi și căi de circulație. Schimbul de căldură convectiv la temperaturi joase este caracterizat prin pierderi de căldură mai mari decît schimbul de căldură prin radiație la temperaturi mari [7].

5.2. Conform celor arătate la pct. 5.1. recuperatoarele de radiație sînt mai restrînse ca dimensiune, ușoare, ieftine, ușor de montat și executat în raport cu recuperatoarele de convecție.

5.3. Datorită numărului mai mic de țevi și căi de circulație, recuperatoarele de radiație necesită pompe sau ventilatoare cu presiune mai mică decît recuperatoarele de convecție, avînd consumuri de energie electrică mai reduse.

5.4. Realizarea de hote cu recuperatoare ecranate reduce consumul de metal, deoarece aceste hote se execută din tablă cu grosimea 1,5 mm, fixate pe structura tubulară.

5.5. Răcirea cu apă sau aer a hotelor cu recuperatoare înlătură arderile lor sub acțiunea temperaturilor mari. De asemenea, face posibilă executarea acestora din materiale rezistente la temperaturi obișnuite.

5.6. Hotele cu recuperatoare ecranate permit și recuperarea căldurii pierdute prin radierea oglinzilor de metal sau săruri topite la cuptoarele încălzite cu gaze sau electric, care pot fi destul de mari.

5.7. Combinarea sistemului de recuperare a căldurii prin radiere cu cel convectiv (ca în exemplul de calcul de la pct. 3 și tabelul 1) duce la o eficiență mărită a schimbului de căldură [7].

6. Concluzii

Recuperarea căldurii pierdute în mediul înconjurător prin radiație la cuptoarele menționate permite procurarea unor mari cantități

de apă caldă cu temperaturi de 65—80°C sau aer cald pentru încălzire sau scopuri menajere și duce la economie de combustibil și mărirea randamentelor termice ale acestor cuptoare.

Bibliografie

[1] Ghia, V. V.: *Răcirea prin vaporizare ca procedeu de recuperare a căldurii*, Editura Tehnică, 1977.

[2] * * * *Norme de protecția muncii în industria constructoare de mașini*, M.I.C.M., Oficiul de documentare și informare pentru industria constructoare de mașini, București, 1980.

[3] Aldea, M., Postelnicescu, M. ș.a.: *Cazane de abur și recipiente sub presiune*. Îndrumător, Editura Tehnică, București, 1982.

[4] Brunklaus, J. B.: *Cuptoare industriale. Calculul, construcția și utilizarea*, Editura Tehnică, București, 1977 (traducere din limba germană).

[5] Rodattis, E. F.: *Kotelnie Ustanovki*, Moscova, Iz. Energhiea, 1977.

[6] Ungureanu, C.: *Generatoare de abur pentru instalații energetice, clasice și nucleare*, Editura didactică și pedagogică, București, 1977.

[7] Chiriac, F., Leca, A., Antonescu, N. ș.a.: *Procese de transfer de căldură și de masă în instalații industriale*, Editura Tehnică, București, 1982.

[8] Ionescu, Gr. C.: *Considerații privind calculul măririi randamentului termic la cuptoarele de uscare prin introducerea recirculației agentului termic*, Energetica nr. 7, București, 1971.

[9] Berinde, T. ș.a.: *Întocmirea și analiza bilanțurilor termice energetice și industriale*, vol. II, Editura Tehnică, 1976.

[10] Ionescu, Gr. C.: Invenția 105—851: *Recuperatoare de căldură prin radiație pentru cuptoare și focare industriale*.

(Primit la 12 octombrie 1982, acceptat la 15 ianuarie 1983)

Reducerea consumurilor specifice de combustibil și energie electrică în centralele electrice

Considerente tehnico-economice privind economicitatea exploatării cuptoarelor industriale încălzite cu arzătoare autorecuperatoare

ing. C. Glava și ing. Șt. Răgălie *

Cuptorul industrial în general și cuptorul cu hidrocarburi în special a fost un utilaj complet neglijat din punctul de vedere al progresului tehnic. În contextul actual al economisirii energiei de orice tip, o problemă ce se pune cu deosebită acuitate constă în mărirea randamentului acestui utilaj, acțiune coroborată cu procesul de pregătire a unui personal de exploatare corespunzător, capabil de a realiza funcționarea cuptoarelor industriale în condiții de eficiență economică și energetică științific fundamentate. În exploatare mai există încă cuptoare industriale cu randamente de 10—20 %, atît datorită unor soluții tehnice astăzi depășite, cît și unei greșite exploatări din partea personalului de deservire. De asemenea, putem să evidențiem și faptul că nici o măsură de recuperare a căldurii nu este atît de valoroasă din punct de vedere energetic ca utilizarea căldurii direct în cuptor, în mod util, printr-o funcționare economică. În acest cadru ne propunem să evidențiem avantajele economice și energetice pe care le conferă în exploatare, utilizarea cuptoarelor industriale încălzite cu arzătoare autorecuperatoare.

★

Legislația în vigoare, în special Decretul 620/1973, stipulează principalele măsuri care duc la o gospodărire mai judicioasă a combustibililor și energiei. Dintre acestea se detașează ca prioritare două acțiuni și anume: înlocuirea instalațiilor de ardere cu randamente scăzute și completarea instalațiilor cu preîncălzitoare recuperatoare de căldură. Instalația care contribuie concomitent la satisfacerea acestor condiții la cuptoarele încălzite cu combustibil gazos este arzătorul autorecuperator montat direct în cuptor.

În literatura de specialitate se evidențiază faptul că într-o serie de țări industrializate ca S.U.A., Franța, R. F. Germania aceste arzătoare se utilizează deja, atît la cuptoarele de tratament termic, cît și la cuptoarele de forjă. Arzătorul autorecuperator este un dispozitiv energetic la care arzătorul și recuperatorul formează un singur ansamblu de formă cilindrică, ce se introduce într-un orificiu creat în prealabil în peretele cuptorului. Gazele de ardere se evacuează prin interstițiul dintre corpul arzătorului și periferia găurii existente în peretele cuptorului. În drumul lor spre evacuare acestea preîncălzesc aerul care circulă în contracurent prin interiorul corpului spre arzător. Arzătorul autorecuperator este prevăzut cu un recuperator prin radiație. Aerul este încălzit în mare măsură de radiația găurii în care se introduce arzătorul autorecuperator, stratul de gaze de ardere fiind foarte subțire. Unele arzătoare au o construcție similară cu arzătoarele tuburilor radiante. La

* Ing. C. Glava și ing. St. Răgălie sînt cercetători principali la Institutul de economie industrială — București.

noi în țară au fost proiectate și introduse în fabricație unele arzătoare de acest tip *).

Este unanim acceptată ideea că prin încălzirea aerului, temperatura gazelor de ardere crește, ceea ce duce la o mărire a vitezei de încălzire a cuptorului și a șarjei, ridicînd astfel productivitatea cuptorului. În ipoteza menținerii productivității tehnologiei de încălzire, materializată prin menținerea aceleiași temperaturi de lucru și aceleiași viteze de încălzire, atît la încălzirea cu aer rece, cît și la încălzirea cu aer preîncălzit, prezentăm metodologia ce permite determinarea economiei de combustibil realizată de acest arzător autorecuperator.

1. Pentru început definim un coeficient de multiplicare a economiei de combustibil m, care reprezintă raportul dintre economia de căldură chimică (exprimată prin conținutul de căldură al gazelor naturale potențial economisite) și cantitatea de căldură fizică introdusă în cuptor (cu aerul preîncălzit). Pentru gazele naturale din țara noastră acest raport se poate exprima sintetic sub forma :

$$m = \frac{8500}{8500-(1+9{,}52\ \alpha)\ \lambda_g(t_g-t_0)}, \qquad (1)$$

în care :

— α reprezintă excesul de aer ;

— 8 500 kcal/Nm³ — puterea calorifică medie a gazelor naturale din țara noastră ;

— $1+9{,}52\ \alpha$ — cantitatea de gaze de ardere rezultată din arderea unui Nm³ de gaze naturale ;

— t_g — temperatura gazelor de ardere la intrarea în recuperator (în °C) ;

— t_0 — temperatura mediului ambiant (în °C) ;

— λ_g — căldura specifică medie a gazelor de ardere la temperatura t_g (în kcal/Nm³. grad).

2. Expresia analitică a cantității de energie fizică înmagazinată în aerul preîncălzit se prezintă sub forma :

$$q_A = 9{,}52\ \alpha.\ \lambda_A(t_A - t_0)\ B_1 \ \text{(kcal/h)} \qquad (2)$$

unde :

— q_A este cantitatea de energie fizică înmagazinată în aerul preîncălzit ;

— B_1 — consumul de combustibil (în Nm³/h) ;

— t_A — temperatura de preîncălzire a aerului (în °C) ;

— λ_A — căldura specifică medie a gazului la temperatura t_A (în kcal/Nm³. grad) ;

3. Cantitatea de căldură fizică economisită se poate exprima sub forma :

$$q_{ec} = m\ q_A \ \text{(kcal/h)} \qquad (3)$$

sau

$$q_{ec} = \frac{m q_A}{7000} \ \text{(kg c.c./h)} \qquad (4)$$

* Fișele tehnice ale acestor arzătoare autorecuperatoare există și sînt în curs de omologare, putînd fi consultate la CCPGM Mediaș.

Următoarele aspecte se desprind din analiza relațiilor analitice mai sus prezentate:

— m este totdeauna supraunitar, ceea ce semnifică faptul că pentru preîncălzirea aerului se consumă o cantitate de energie termică mai mare decît căldura ce se introduce în cuptor cu ajutorul aerului preîncălzit. De asemenea, valoarea lui m nu depinde de temperatura de preîncălzire a aerului, ceea ce înseamnă că recuperarea căldurii prin încălzirea aerului are efecte energetice pozitive la orice valoare de temperatură de preîncălzire a aerului, chiar și la temperaturi mici ;

— valoarea lui m crește proporțional cu scăderea puterii calorifice a combustibilului gazos, cu creșterea excesului de aer și cu creșterea temperaturii gazelor de ardere, care în cazul domeniilor de utilizare a arzătoarelor autorecuperatoare este întotdeauna sensibil mai mare decît temperatura cuptorului. Economiile de combustibil realizate și determinate cu relațiile 1—4 sînt redate grafic în figurile 1—4.

Curbele prezentate în figurile 1—4 pot servi unei aprecieri rapide a elementelor necesare analizei efectelor preîncălzirii aerului comburant. De asemenea, pot fi determinate economiile raportate la consumul cuptorului cu și fără preîncălzirea aerului, ceea ce prezintă avantajul unei determinări mai rapide a economiei de combustibil, în funcție de temperatura de preîncălzire a aerului.

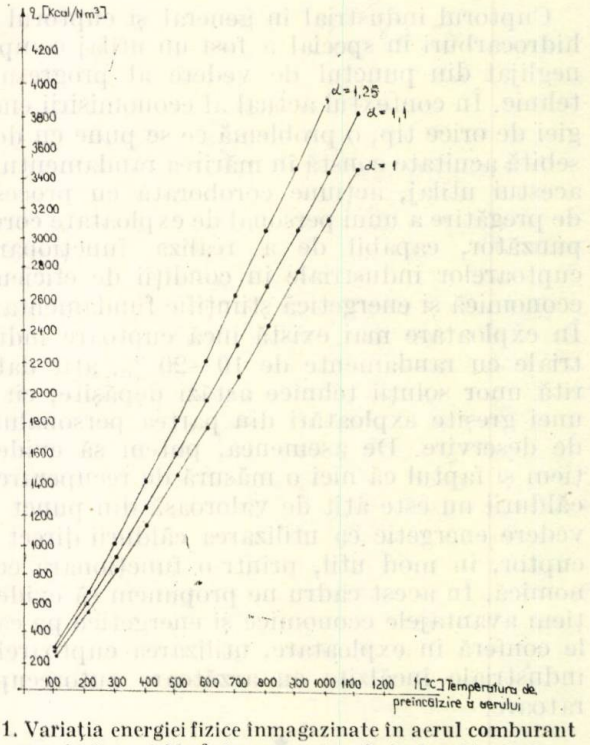


Fig. 1. Variația energiei fizice înmagazinate în aerul comburant necesar arderii unui Nm³ de gaze naturale în funcție de temperatura de preîncălzire și excesul de aer.

Prin prezentarea acestor avantaje s-a urmărit infirmarea ideii potrivit căreia preîncălzirea aerului necesar arderii nu este economică decît

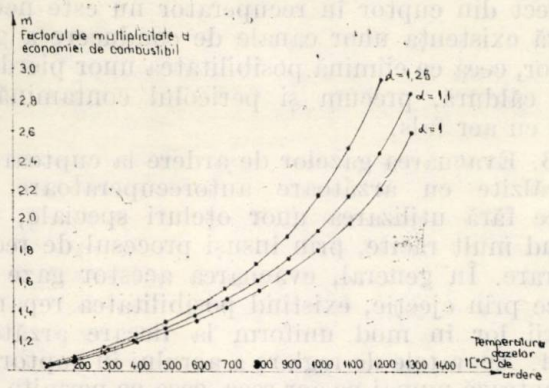


Fig. 2. Variația coeficientului m în funcție de temperatura gazelor de ardere și de excesul de aer.

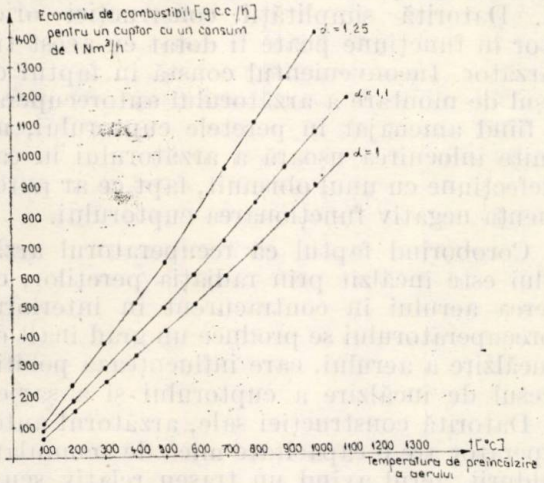


Fig. 3. Variația economiei de combustibil în funcție de temperatura de preîncălzire a unui cuptor ce funcționează la 1100°C, avînd un consum orar de gaz de 1 Nm³ și în funcție de excesul de aer.

la cuptoarele care lucrează constant la temperatura de peste 1100°C.

O serie de experimentări făcute la CCPGM Mediaș au permis determinarea economiei de combustibil realizată de un cuptor industrial, care corespunde prevederilor Decretului 620/1973 și este echipat cu un arzător autorecuperator de 6,3 Nm³/h. Principalele date și rezultate obținute sînt:

— temperatura din cuptor . . . .1100°C;
— consumul orar de gaz metan 6,3 Nm³/h;
— temperatura de preîncălzire a aerului . . . . . circa 500°C;
— excesul de aer . . . . . $\alpha = 1{,}05$ *;
— cantitatea de căldură înmagazinată în aerul necesar arderii unui Nm³ gaze naturale, pentru $\alpha = 1{,}05$ și pentru o preîncălzire a aerului la 500°C q_{500}=1540 kcal/Nm³;
— ținînd seama de consumul orar al arzătorului de 6,3 Nm³/h, aerul cumulează circa 9700 kcal/h, ceea ce pentru un $m = 2{,}07$ duce la o economie de energie de circa 2,869kg c.c./h;
— utilizînd curbele prezentate în figura 3, pentru o temperatură de preîncălzire a aerului de 500°C, rezultă o economie de combustibil de 455 g c.c., ceea ce pentru un cuptor de 6,3 Nm³/h reprezintă 2,866 kg c.c./h, valoare aproximativ egală cu cea determinată analitic.

* Neavînd trasate curbe pentru $\alpha = 1{,}05$ s-au interpolat valorile rezultate pentru $\alpha = 1$ și $\alpha = 1{,}1$.

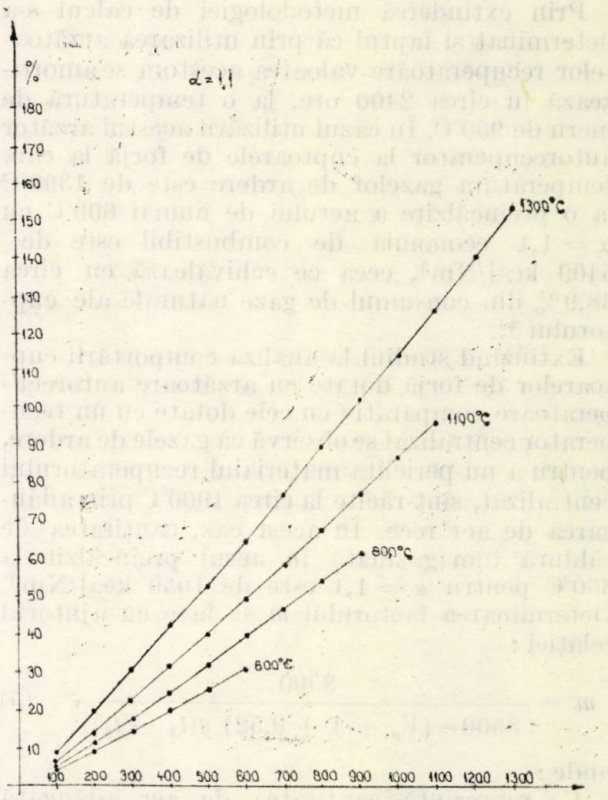


Fig. 4. Economia de combustibil (în procente) raportată la consumul unui cuptor de aer preîncălzit (valori determinate prin calcul) în funcție de temperatura de preîncălzire a aerului și de temperatura gazelor de ardere, cînd în alimentarea cuptorului se înregistrează un exces de aer ($\alpha = 1{,}1$).

În cazul în care aerul nu ar fi fost preîncălzit, același cuptor ar consuma circa 8,66 Nm³/h. Pe baza ultimelor două determinări se poate evidenția faptul că economia relativă de combustibil este de circa 27 % din consumul total de combustibil gazos. Pentru o funcționare de circa 2000 h economia de combustibil reprezintă circa 5,6 t c.c., ceea ce echivalează cu circa 16 500 lei, valoare comparabilă cu prețul unui arzător recuperator.

Fundamentarea tehnico-economică a recuperării resurselor energetice s-a făcut luîndu-se în calcul valoarea de 2950 lei pe tona de combustibil convențional economistit. O primă concluzie se desprinde cu ușurință: *utilizînd un arzător autorecuperator la un cuptor industrial ce funcționează la temperaturi de peste 1100°C aproximativ 2000 h, numai din economia de combustibil realizată se poate amortiza costul arzătorului autorecuperator.*

Prin extinderea metodologiei de calcul s-a determinat și faptul că prin utilizarea arzătoarelor recuperatoare valoarea acestora se amortizează în circa 2400 ore, la o temperatură de lucru de 900°C. În cazul utilizării acestui arzător autorecuperator la cuptoarele de forjă la care temperatura gazelor de ardere este de 1300°C la o preîncălzire a aerului de numai 600°C cu $\alpha = 1{,}1$ economia de combustibil este de 5400 kcal/Nm³, ceea ce echivalează cu circa 38,9% din consumul de gaze naturale ale cuptorului *).

Extinzînd studiul la analiza comportării cuptoarelor de forjă dotate cu arzătoare autorecuperatoare comparativ cu cele dotate cu un recuperator centralizat se observă că gazele de ardere, pentru a nu periclita materialul recuperatorului centralizat, sînt răcite la circa 1000°C prin adăugarea de aer rece. În acest caz, cantitatea de căldură înmagazinată în aerul preîncălzit la 350°C pentru $\alpha = 1{,}1$ este de 1050 kcal/Nm³. Determinarea factorului m se face cu ajutorul relației :

$$m = \frac{8500}{8500-(V_a + 1 + 9{,}52)\, g(t_A - t_6)}, \quad (5)$$

unde :

V_a reprezintă cantitatea de aer adăugată gazelor rezultate din arderea unui Nm³ gaze combustibile pentru a scădea temperatura de la 1300°C la 1000°C.

Utilizînd această relație rezultă $m = 2{,}89$. Economia de combustibil este în acest caz de 3034 kcal/Nm³, ceea ce reprezintă circa 26,23 % din consumul de combustibil gazos al cuptorului fără preîncălzire, circa 35,56% față de consumul cu aer preîncălzit, cu circa 38,9% mai mic decît s-a calculat în cazul utilizării arzătorului autorecuperator.

Concluzii

Cuptoarele încălzite cu arzătoare autorecuperatoare prezintă o serie de avantaje atît de natură constructivă, cît și de natură tehnologică :

1. Arzătorul autorecuperator este de dimensiuni mici și are formă simplă, fapt ce permite montarea lui într-o singură perforație făcută în peretele cuptorului, împreună cu dispozitivul de evacuare a gazelor de ardere. Ansamblul cuptor-recuperator ocupă un spațiu mult mai mic decît orice ansamblu în construcție obișnuită, cu recuperator centralizat.

2. Arzătorul acestui recuperator este etanș, nu prezintă pericol de contaminare a gazelor de ardere cu aer fals. Gazele de ardere trecînd direct din cuptor în recuperator nu este necesară existența unor canale de conducere a gazelor, ceea ce elimină posibilitatea unor pierderi de căldură, precum și pericolul contaminării lor cu aer fals.

3. Evacuarea gazelor de ardere la cuptoarele încălzite cu arzătoare autorecuperatoare se face fără utilizarea unor oțeluri speciale, ele fiind mult răcite, prin însuși procesul de recuperare. În general, evacuarea acestor gaze se face prin ejecție, existînd posibilitatea repartizării lor în mod uniform la fiecare arzător.

4. Aparatele de reglare a aerului în cuptor se montează numai pe aer rece, ceea ce permite un control corect al debitului de aer la fiecare arzător. Totodată conductele de racord, precum și aparatul propriu-zis au dimensiuni mult mai mici. Datorită simplității construcției orice cuptor în funcțiune poate fi dotat cu acest tip de arzător. Inconvenientul constă în faptul că locașul de montare a arzătorului autorecuperator, fiind amenajat în peretele cuptorului, nu permite înlocuirea ușoară a arzătorului în caz de defecțiune cu unul obișnuit, fapt ce ar putea influența negativ funcționarea cuptorului.

5. Coroborînd faptul că recuperatorul arzătorului este încălzit prin radiația pereților, cu trecerea aerului în contracurent în interiorul autorecuperatorului se produce un grad înalt de preîncălzire a aerului, care influențează pozitiv procesul de încălzire a cuptorului și a șarjei.

6. Datorită construcției sale, arzătorul autorecuperator are o capacitate mică de acumulare a căldurii, aerul avînd un traseu relativ scurt prin recuperator. După preîncălzire aerul trece direct în arzător, proces în care se înregistrează pierderi mici de căldură și de presiune.

De asemenea, se poate menționa și faptul că instalația de ardere poate fi alimentată cu aer de către ventilatoare obișnuite realizate în țară.

7. Deoarece evacuarea gazelor de ardere se face în regiunea în care flacăra pătrunde în cuptor, aceste arzătoare sînt construite cu viteze mari de ieșire a jetului de gaze și flăcări, ceea ce duce la absorbția gazelor din jurul flăcării, realizînd o recirculare intensă a lor. Datorită acestui fapt, gazele pătrund adînc în interiorul cuptorului încălzindu-l, iar evacuarea gazelor de ardere se face după încălzirea șarjei.

8. Este cunoscut faptul că în cazul unui cuptor obișnuit se produc pierderi mari de căldură în regiunea arzătorului, în special atunci cînd aerul (de ardere) este preîncălzit. În cazul încălzirii cu arzătoare autorecuperatoare (deoarece arzătorul propriu-zis se găsește în zidărie), nu se mai înregistrează pierderi de căldură. Încălzirea pereților exteriori ai cuptorului în regiunea arzătorului se produce pe seama căldurii conținute în gazele de ardere, la evacuarea acestora, și nu pe seama căldurii din interiorul cuptorului, care ar fi diminuat randamentul acestui agregat.

* S-au determinat $q = 1930$ kcal/Nm³ și $m = 2{,}8$ ceea ce a permis calcularea lui $e_c = 5404$/Nm³. Nerealizîndu-se preîncălzirea aerului, consumul de combustibil este de 8500 + + 5404 = 13904 kcal/Nm³. Economia relativă în acest caz devine : (5404 : 13904). 100 = 38,86 ≃ 38,9 %.

9. Cuptoarele încălzite cu arzătoare autorecuperatoare pot fi încălzite și într-o atmosferă puțin oxidată (cu $\alpha = 0{,}5$), interstițiul dintre arzător și perete putînd fi utilizat și pentru o ardere suplimentară.

În acest mod se pot obține preîncălziri ale aerului pînă la 900°C, la cuptoare la care temperatura de lucru este de circa 1200°C. La cuptoarele cu ardere normală, dotate cu arzătoare obișnuite, temperatura de încălzire ar putea ajunge la circa 600—700°C, în cazul existenței unei temperaturi de lucru în cuptor de 1200°C.

Singurul dezavantaj mai important al cuptoarelor încălzite cu astfel de arzătoare constă în consumul ridicat de oțel înalt aliat, necesar pentru realizarea acestor arzătoare. Deși acest dezavantaj nu poate fi neglijat, avantajele menționate mai sus, în special încălzirea rapidă și uniformă a cuptorului, precum și economia evidentă de combustibil, impun trecerea la utilizarea acestor arzătoare la scară industrială.

Bibliografie

[1] W. Riesner, *Probleme economice la folosirea căldurii secundare.* Energieanwendung 13, nr. 9, 1964, p. 201—207, articol tradus în Economia de energie nr. 3/1965.

[2] W. Riesner, *Compararea energetică a preîncălzirii aerului prin căldura gazelor de evacuare, cu alte posibilități de recuperare a căldurii,* Energieanwendung 14, nr. 9, 1965, p. 205—209.

[3] W. P. Harrison, *Refolosirea căldurii cu ajutorul arzătoarelor autorecuperatoare.* Journal of the Institute of Froel 40, nr. 9/3 februarie 1967, pag. 54—60 (Tradus în Economia de combustibil nr. 9/1967, pag. 475—486).

[4] * * * *Arzătoare de gaz cu recuperator AGREG și AGREG-S*-Fișe tehnice. *C.C.P.G.M. Mediaș*

[5] J. Wunning, *Energieeinsparung durch Rekubrenner.* Articol publicat în prospectul firmei Eichelin Industrieofenbau K. G. Kontal-Munchingen.

[6] D. F. Wenn and I. Darby, *The use of Recuperative (Burners at high temperature fournances).* Paper presented to 7th International Symposion for Phisical Metallurgy and Heat Treatement september 1979, Bucharest Romania.

(Primit la 27 martie 1982, acceptat la 27 iulie 1982)

Correlations Between the Geometric Elements of a Coal Dust Slot Burner and the Dynamic and Thermal Jets Parameter

(Condensed from the paper in Romanian)

L. Mihăescu D. Sc.

Solid fuel dust slot burners are the most widespread type of burners for medium and large capacity boilers. Therefore they have undergone lately continuous improvements and diversification. Most studies have been performed on cold or hot models or even directly on industrial burners, no theoretical flow studies have been used. These last ones are considered as necessar in order to reduce the research effort since studies are concentrated on hydraulic models and operational burners. With this in mind, the present paper is a correlation study between the geometric elements of the slots burner types and the dynamic and thermal parameters of the respective jets.

The interaction of the primary agent and fuel dust with the secondary air jets is highly important at slot burners. This thing has in view a progressive raising of the secondary air to the level of the combustion dust during its burning progress as well as the final path of the resulting jet, a path that depends among others, on the gross particles separation towards the furnace funnel, a separation that produces unburnt matter from the mechanical point of view.

The paper contains a mathematical model for the study of a spaced slot burner, one for a packaged slots burner and one for the jets impact burner.

Secondary air jets have been introduced between the primary agent slots and the fuel at the spaced slots burners (Fig. 2) and at the packaged slots burner (Fig. 1). The inferior secondary air is introduced under a zero angle to a horizontal line while the primary agent and fuel jets (including secondary intermediary air) show a slope of 10—15° towards the furnace funnel. The gross particles which tend to separate in their progress towards the furnace funnel are kept in suspension.

The ratio between the primary and the secondary air is quite well established depending on the fuel quality. The primary air ratio will have to increase with the increase of volatile matter ($V^{mc}\%$) in the fuel, since the bigger the volatile matter quantity, the easier the fuels ignition.

The superior secondary air is introduced to a different angle as compared to the primary agent jets and secondary intermediant air jets admission angles. Thus the admission angle at the packaged slot burner is 20 , its interaction with primary jets takes place in the point in which the primary air has been used up. A „freezing" of the primary jet burning at initial ignition phase with the secondary air jet having a much lower thermal level and is thus avoided.

The output speeds from the burner slots will have to be correlated depending on the resultant jet penetration depth, on the positioning of the burners versus the furnace and on its size.

For the study of rectangular jets emerging from burner slots, the paper contains an introductory study about the speeds field distribution for such jets, the study for a free biphasic and isothermal jet.

The mathematical model for the spaced slots burners contains the study of the inferior secondary air jet intersection with the primary agent jet since the final geometry of the resulting jet depends on this interaction. The intersected jets have been considered with the real temperatures existing in this area and finally the thickness, the stroke and the inclination angle of the resulting jet have been determined.

Depending on the grinding fineness and on the specific weight of fuel particles, a correlation between the furnace geometry and dimensions and the resulting jet characteristics can be obtained.

For the study of packaged slots burnes jets the model contains three identical primary agent and fuel jets inclined downwards at an angle of α_0. Since the jets have an equal impulse, their interaction has been studied on the basis of the superposition principle. The problem is the positioning of a point A in which the secondary air jet meets the „assembly of parallel jets" of primary agents and fuel and the correlation of this point to the point from which the jets assembly behaves like a unitary whole, with a view to its final path as well.

For the study of impact jets burner the mathematical model serving as a basis of the analytical model has been shown as well as the research stages for a burner which is now in operation at a 100 t/h boiler burning lignite dust at the thermal power plant Doicești. The burner operation simulation stage by a computer is presented as well as the hydrodynamic study stage on an old burner and the study stage on a hot burner model. Finally, the performances of the burner at the industrial operation stage at the thermal power plant Doicești are presented.

Summing up, it can be said, that the paper analytically analyzed behaviour aspects of incidental jets in order to determine the behaviour of the resultant jet for the main slot burners for solid fuel dust.

Corelații între elementele geometrice ale unui arzător de praf de cărbune de tip fantă și parametrii dinamici și termici ai jeturilor

Dr. ing. L. Mihăescu*)

1. Necesitatea corelării construcției geometrice a arzătorului cu elementele dinamice și termice ale jeturilor

Astăzi, după o practică destul de îndelungată de construcție și exploatare a arzătoarelor de praf de cărbune de tip fantă, se poate spune că o atenție deosebită trebuie acordată interacțiunii reciproce a jeturilor de agent primar și praf de cărbune și interacțiunii acestora cu jeturile de aer secundar. Acest lucru are în vedere traiectoria finală a jetului rezultant, traiectorie de care depind, printre altele, separarea particulelor grosiere spre pîlnia focarului, separare ce duce la ardere incompletă din punct de vedere mecanic, precum și aducerea progresivă a aerului secundar la nivelul prafului combustibil, pe măsură ce arderea acestuia progresează.

Din punct de vedere constructiv, arzătoarele cu fante pot fi cu jeturi paralele sau cu jeturi incidente (cu impact de jeturi).

Arzătoarele cu jeturi paralele pot avea fantele de agent primar și combustibil amplasate cît mai apropiat, arzătorul numindu-se cu „fante gru-

* Dr. ing. Lucian Mihăescu este cadru didactic la catedra de „Cazane și turbine" de la Institutul politehnic, București.

pate" (arzătorul tip Bobcock, fig. 1), fie mai îndepărtate (arzătorul tip EVT, fig. 2). La ambele tipuri de arzătoare prezentate, între fantele de agent primar și combustibil s-au introdus jeturi de aer secundar. Aerul secundar inferior este introdus sub un unghi egal cu zero față de orizontală, spre deosebire de jeturile de agent primar și combustibil (inclusiv aerul secundar intermediar), care au înclinare 10—15° spre pîlnia focarului. Se realizează astfel o menținere în suspensie a particulelor grosiere care au tendința de separare spre pîlnia focarului [1].

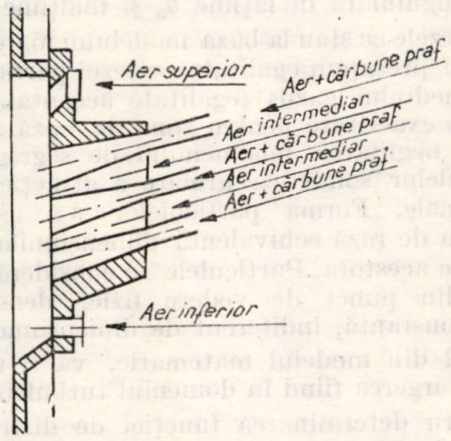


Fig. 1. Arzător cu fante grupate tip Babcock.
Fig. 1. Babcock spaced slot burner.

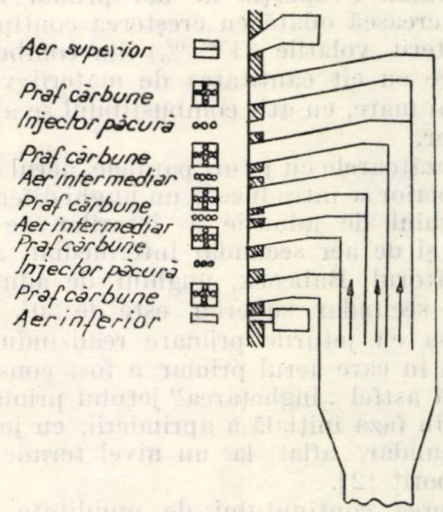
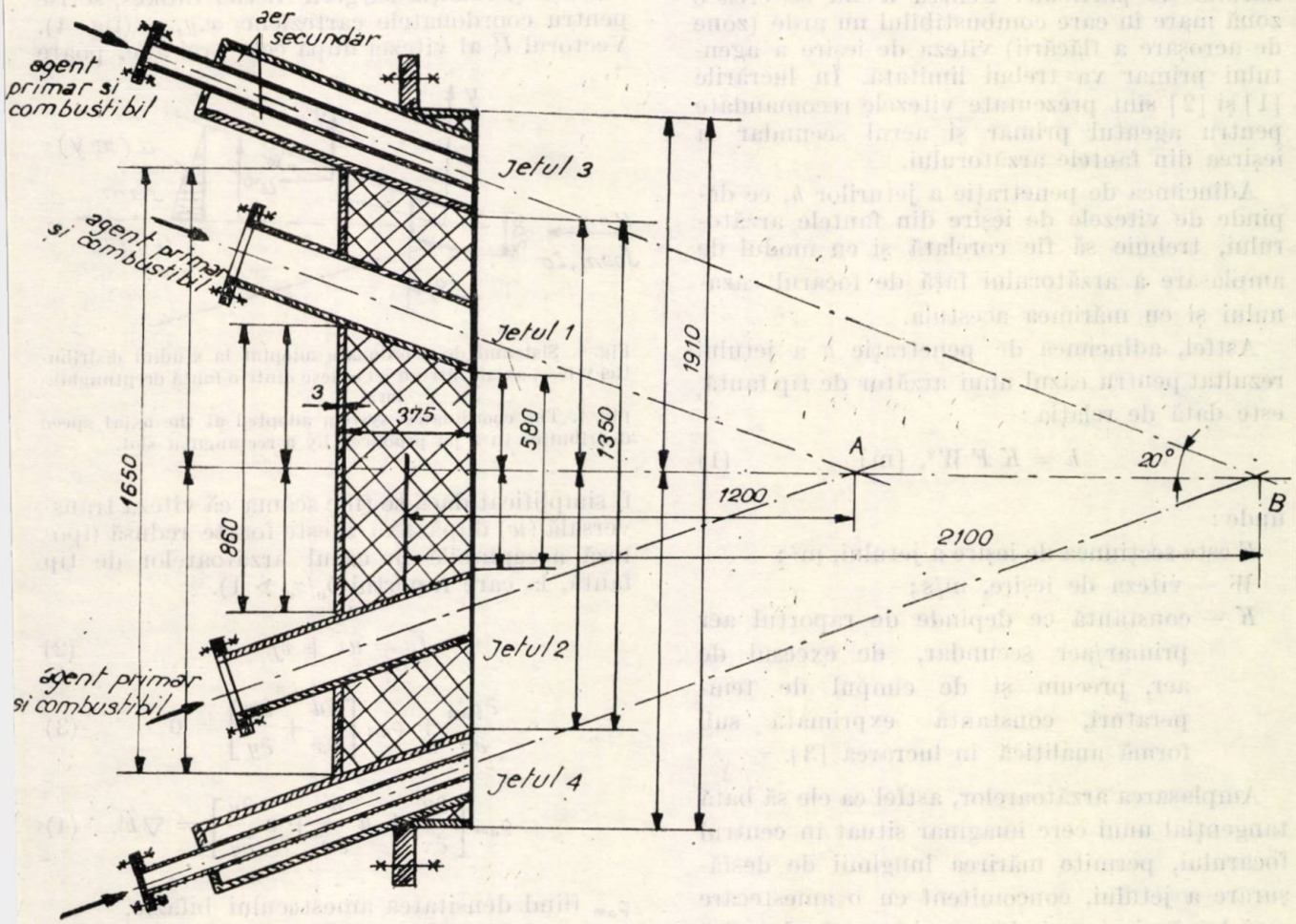


Fig. 2. Arzător cu fante distanțate tip EVT.
Fig. 2. EVT spaced slot burner.



Dig. 3. Arzător cu jeturi incidente (experimentat la CTE Doicești).
Fig. 3. Incidental jets burner (tested at the thermal power plant Doicești).

În figura 3 se prezintă un arzător cu jeturi incidente (ce echipează un cazan de 100 t/h la CTE Doicești).

Raportul dintre aerul primar și cel secundar, este bine stabilit în funcție de calitatea combustibilului. Proporția de aer primar va trebui să crească odată cu creșterea conținutului de materii volatile (V^{mc} %) din combustibil, deoarece cu cît cantitatea de materii volatile este mai mare, cu atît combustibilul se aprinde mai ușor.

La arzătoarele cu jeturi paralele, aerul secundar superior se introduce la un unghi diferit față de unghiul de admisie a jeturilor de agent primar și de aer secundar intermediar. Astfel, la arzătorul Babcock, unghiul de admisie a aerului secundar superior este de 20°, intersecția sa cu jeturile primare realizindu-se în punctul în care aerul primar a fost consumat. Se evită astfel „înghețarea" jetului primar, ce se află în faza inițială a aprinderii, cu jetul de aer secundar, aflat la un nivel termic mult mai coborît [2].

Creșterea conținutului de umiditate și de materii minerale din combustibilul solid conduce la încetinirea procesului de aprindere al norului de particule. Pentru a nu se crea o zonă mare în care combustibilul nu arde (zone de acroșare a flăcării) viteza de ieșire a agentului primar va trebui limitată. În lucrările [1] și [2] sînt prezentate vitezele recomandate pentru agentul primar și aerul secundar la ieșirea din fantele arzătorului.

Adîncimea de penetrație a jeturilor h, ce depinde de vitezele de ieșire din fantele arzătorului, trebuie să fie corelată și cu modul de amplasare a arzătorului față de focarul cazanului și cu mărimea acestuia.

Astfel, adîncimea de penetrație h a jetului rezultat pentru cazul unui arzător de tip fantă, este dată de relația:

$$h = K F W^2, \text{ [m]} \qquad (1)$$

unde:

F este secțiunea de ieșire a jetului, m²;

W — viteza de ieșire, m/s;

K — constantă ce depinde de raportul aer primar/aer secundar, de excesul de aer, precum și de cîmpul de temperaturi, constantă exprimată sub formă analitică în lucrarea [3].

Amplasarea arzătoarelor, astfel ca ele să bată tangențial unui cerc imaginar situat în centrul focarului, permite mărirea lungimii de desfășurare a jetului, concomitent cu o amestecare mai bună și o aprindere mai ușoară datorită curentului depresionar central.

2. Distribuția cîmpului de viteze într-un jet ce iese dintr-o fantă dreptunghiulară

Pornindu-se de la [4], unde se tratează distribuția cîmpului de viteze și concentrații într-un jet bifazic izoterm rotund și simetric, calculele vor cuprinde particularizările necesare studiului unui jet ce iese dintr-o fantă dreptunghiulară de lățime b_0 și înălțime z_0 [5].

Ipotezele ce stau la baza modelului matematic adoptat presupun egalitatea vitezei particulelor și a mediului gazos (egalitate acceptabilă cu destulă exactitate pentru zona de bază a unui jet) și neglijarea fenomenului de segregare a particulelor solide ca urmare a atracției gravitaționale. Forma particulelor s-a asimilat cu sfera de rază echivalentă dimensiunilor spațiale ale acestora. Particulele se consideră omogene din punct de vedere fizic, densitatea fiind constantă, indiferent de dimensiunea lor.

Jetul din modelul matematic, va fi un jet liber, curgerea fiind în domeniul turbulent.

Pentru determinarea funcției de distribuție a vitezei, se va porni de la un sistem de ecuații diferențiale, sistem ce cuprinde ecuația continuității și ecuația curgerii Navier-Stokes, scrise pentru coordonatele carteziene x, y, z (fig. 4). Vectorul $\bar{U}$ al vitezei după cele trei axe, poate

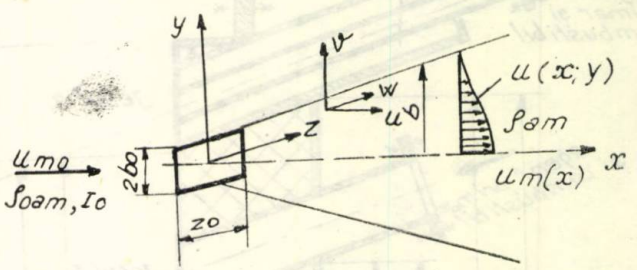


Fig. 4. Sistemul de coordonate adoptat la studiul distribuției vitezei axiale într-un jet ce iese dintr-o fantă dreptunghiulară.

Fig. 4. The coordinates' system adopted at the axial speed distribution in a jet produced by a rectangular slot.

fi simplificat dacă se ține seama că viteza transversală (w) după axa z este foarte redusă (ipoteză acceptabilă în cazul arzătoarelor de tip fantă, la care raportul $b_0/z_0 \gg 1$).

$$\bar{U} = u\bar{i} + v\bar{j} \qquad (2)$$

$$\frac{\partial \rho_{am}}{\partial \tau} + \rho_{am}\left[\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y}\right] = 0 \qquad (3)$$

$$\rho_{am}\left[\frac{\partial u}{\partial \tau} + u\frac{u}{\partial x} + v\frac{\partial u}{\partial y}\right] = \nabla \bar{F} \qquad (4)$$

ρ_{am} fiind densitatea amestecului bifazic.

Forța F din ecuația curgerii (4) se datorește atît diferenței de presiune în direcția de curgere

a jetului, cît și forțelor tangențiale de frecare. Pentru studiul forțelor de frecare se va presupune un volum elementar V de formă paralelipipedică $ABCD$, cuprins în interiorul jetului (fig. 5). Acest paralelipiped, deformat datorită curgerii, pentru a fi adus la forma inițială, va

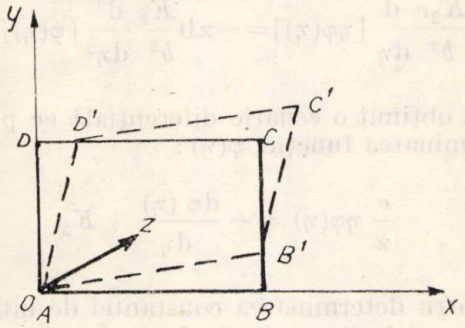


Fig. 5. Elementul de volum paralelipipedic deformat ca urmare a forțelor de frecare.
Fig. 5. The parallelipipedic volume element distorted by friction forces

presupune introducerea unor forțe (eforturi) de forfecare (frecare), $\tau_{xy} = \tau_{yx}$, în planurile xoz, și $\tau_{zx} = \tau_{xz}$, în planurile yoz:

$$\left.\begin{aligned} \tau_{xy} = \tau_{yx} &= \mu_t \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) \\ \tau_{zx} = \tau_{xz} &= \mu_t \left(\frac{\partial w}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial z} \right) \end{aligned}\right\} \qquad (5)$$

Cu aceste precizări, valoarea forței ce se exercită pe direcția de curgere a fluidului va fi:

$$F = -p + 2\mu_t \frac{\partial u}{\partial x} + \mu_t \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) + \mu_t \left(\frac{\partial w}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial z} \right), \qquad (6)$$

unde p reprezintă presiunea de curgere în sensul axei Ox, iar μ_t coeficientul de viscozitate dinamic al mediului bifazic turbulent, în kg/ms.

Pentru studiul curgerii în regim staționar $\left(\frac{\partial}{\partial \tau} = 0 \right)$, dacă se neglijează curgerea după coordonata z, conform ipotezelor anterioare, și căderea de presiune axială, în urma înlocuirii ecuației (6) în (4), va rezulta:

$$\rho_{am} u \frac{\partial u}{\partial x} + \rho_{am} v \frac{\partial u}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial x} \left(2\mu_t \frac{\partial u}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\mu_t \frac{\partial u}{\partial y} + \mu_t \frac{\partial v}{\partial x} \right) \qquad (7)$$

Pentru simplificarea formei matematice, la ecuația (6) se va aduna ecuația continuității pentru regim staționar

$$\rho_{am} \left[\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} \right] = 0,$$

amplificată cu termenul $(\rho_{am} u)$, obținîndu-se:

$$\frac{\partial}{\partial x} (\rho_{am} u^2) + \frac{\partial}{\partial y} (\rho_{am} uv) = \frac{\partial}{\partial x} \left(\mu_t \frac{\partial u}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\mu_t \frac{\partial u}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial x} \left(\mu_t \frac{\partial u}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\mu_t \frac{\partial v}{\partial x} \right) \qquad (8)$$

Dacă ecuația continuității se va amplifica cu μ_t și se va deriva în raport cu x, se va obține relația:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(\mu_t \frac{\partial u}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial x} \left(\mu_t \frac{\partial v}{\partial y} \right) = 0 \qquad (9)$$

Folosindu-se această relație și faptul că

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(\mu_t \frac{\partial v}{\partial x} \right) = \frac{\partial}{\partial y} \left(\mu_t \frac{\partial v}{\partial x} \right),$$

ecuația curgerii (8) se va reduce la:

$$\frac{\partial}{\partial x} (\rho_{am} u^2) + \frac{\partial}{\partial y} (\rho_{am} uv) = \frac{\partial}{\partial y} \left(\mu_t \frac{\partial u}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial x} \left(\mu_t \frac{\partial u}{\partial x} \right) \qquad (10)$$

În ecuația de mai sus coeficientul μ_t a fost considerat constant, el avînd după Boussinesq, următoarea exprimare analitică:

$$\mu_t = \varkappa \rho_{am} bu \qquad (11)$$

unde $\varkappa$ este coeficientul de turbulență al jetului, iar b semigrosimea acestora, conform figurii 5. Coeficientul μ_t poate fi considerat ca o constantă, deoarece $b \sim x$, iar $u \sim \frac{1}{x}$. După Laats, $b = cx$, unde semitangenta c a unghiului de evazare pentru un jet bifazic poate fi determinată cu ajutorul relației:

$$c = c_a \frac{1 + 0{,}5\mu'_m}{1 + \mu'_m} = c_a \mu_m \qquad (12)$$

c_a fiind tangenta unghiului pentru un jet similar omogen, iar μ'_m concentrația prafului de combustibil, kg/kg. Se remarcă faptul că pre-

zenţa fazei solide duce la îngustarea jetului datorită inerţiei mari a particulelor de combustibil [6], [7].

Cum viteza transversală este mult mai mică decît viteza axială ($V \ll u$), ecuaţia curgerii va putea în final să fie pusă sub forma:

$$\frac{\partial}{\partial x}(\rho_{am} u^2) = \varkappa \rho_{am} b \frac{\partial}{\partial y}\left(u \frac{\partial u}{\partial y}\right) \qquad (13)$$

sau pentru un jet izotermic:

$$\frac{\partial}{\partial x}(u^2) = \varkappa b \frac{\partial^2 (u^2)}{\partial y^2} \qquad (14)$$

Soluţia generală a ecuaţiei $u(x,y)$ va fi căutată prin descompunerea acesteia într-un produs de două funcţii ce depind în parte doar de o singură variabilă:

$$u(x,y) = u_m(x) \cdot f(\eta), \qquad (15)$$

unde $u_m(x)$ este viteza în lungul axului, iar $f(\eta)$ — funcţia de transformare a acesteia pentru coordonata adimensională verticală $\eta = y/b$.

Pentru determinarea funcţiei $u_m(x)$ se va folosi ecuaţia conservării impulsului:

$$2 z_0 b_0 u_{m_0}^2 \rho_{0am} \simeq 2 \int_0^b \rho_{am} z_0 u^2 \, dy =$$

$$= 2 \int_0^1 \rho_{am} z_0 u_m^2 (x) f^2(\eta) b \, d\eta, \qquad (16)$$

unde $I_0 = 2 z_0 b_0 u_{m_0}^2 \cdot \rho_{0am}$ reprezintă impulsul în fanta de ieşire a jetului, indicele zero indicînd locul de citire a acestora (fig. 5) (rezultatul este aproximativ egal, deoarece s-a neglijat expandarea jetului după coordonata z).

Din ecuaţia (16) va rezulta:

$$u_m^2(x) = \frac{u_{m_0}^2 \cdot \rho_{0am} \cdot b_0}{\rho_{am} \cdot b \cdot K_1} = \frac{K_2}{b}, \qquad (17)$$

unde $K_1 = \int_0^1 f^2(\eta) \, d\eta$.

Cu aceste precizări soluţia ecuaţiei curgerii va căpăta forma:

$$u = u(x, y) = \frac{K_2}{b} f^2(\eta) = \frac{K_2}{b} \varphi(\eta) \qquad (18)$$

În funcţie de expresia generală a vitezei axiale u, termenii ecuaţiei diferenţiale (14) vor deveni:

$$\frac{\partial}{\partial x}(u^2) = -\frac{K_2 c}{b^2}[\varphi(\eta) + \eta \varphi'(\eta)] =$$

$$= -\frac{K_2 c}{b^2} \frac{d}{d\eta}[\eta \varphi(\eta)] \qquad (19)$$

Cum:

$$\frac{\partial^2 (u^2)}{\partial y^2} = \frac{K_2}{b^3} \frac{d^2}{d\eta^2}[\varphi(\eta)], \qquad (20)$$

va rezulta:

$$\frac{K_2 c}{b^2} \frac{d}{d\eta}[\eta \varphi(\eta)] = -\varkappa b \frac{K_2}{b^3} \frac{d^2}{d\eta^2}[\varphi(\eta)] \qquad (21)$$

S-a obţinut o ecuaţie diferenţială ce permite determinarea funcţiei $\varphi(\eta)$:

$$\frac{c}{\varkappa} \eta \varphi(\eta) = -\frac{d\varphi(\eta)}{d\eta} + K_3 \qquad (22)$$

Pentru determinarea constantei de integrare K_3 s-au folosit condiţiile la limită (la graniţa jetului)

$$\eta = 1 \rightarrow \begin{cases} \varphi(\eta) = 0 \\ \varphi'(\eta) = 0 \end{cases} \qquad (23)$$

În urma calculelor s-a obţinut $K_3 = 0$. În continuare, prin integrarea ecuaţiei (22) va rezulta:

$$\int_0^{\varphi(\eta)} \frac{d\varphi(\eta)}{\varphi(\eta)} = -\frac{c}{\varkappa} \int_0^{\eta} \eta \, d\eta \qquad (24)$$

$$\varphi(\eta) = K_4 e^{-\frac{c}{2\varkappa}\eta^2} \qquad (25)$$

Aplicîndu-se condiţiile la limită prezentate anterior, rezultă $K_4 = 1$, expresia funcţiei de distribuţie a vitezei axiale devenind:

$$f(\eta) = \sqrt{\varphi(\eta)} = e^{-\frac{c}{4\varkappa}\eta^2} \qquad (26)$$

Cu funcţia $f(\eta)$ determinată ca expresie analitică se poate calcula şi valoarea constantei K_1 ca expresie analitică a distribuţiei vitezei axiale în lungul axului:

$$K_1 = \int_0^1 f^2(\eta) \, d\eta = \int_0^1 \varphi(\eta) \, d\eta = \int_0^1 e^{-\frac{c}{4\varkappa}\eta^2} d\eta \qquad (27)$$

Expresia obţinută poate fi calculată pe baza tabelelor de integrare. O altă rezolvare presupune dezvoltarea în serie a funcţiei exponenţialei:

$$K_1 = \int_0^1 \left(1 - \frac{c}{4\varkappa 1!}\eta^2 + \frac{c^2}{4^2 \varkappa^2 2!}\eta^4 - \right.$$

$$\left. - \frac{c^3}{4^3 \varkappa^3 3!}\eta^6 + \ldots\right) d\eta = 1 - A\left(\frac{c}{\varkappa}\right), \qquad (28)$$

unde $A\left(\frac{c}{\varkappa}\right) < 1$ (integrala unei funcţii exponenţiale fiind o funcţie pozitivă).

Cu expresia funcţiei $f(\eta)$ determinată, funcţia de distribuţie a vitezei axiale va fi:

$$u(x, y) = \frac{u_{m0}}{\sqrt{x}} \sqrt{\frac{\rho_{0am}}{\rho_{am}} \cdot \frac{b_0}{c} \cdot \frac{1}{K_1}}\, e^{-\frac{1}{4\varkappa c} \cdot \frac{y^2}{x^2}}, \quad (29)$$

unde funcţia K_1 are exprimarea (27) sau (28).

3. Model fizico-matematic pentru studiul arzătoarelor cu fante grupate

Construcţia acestor arzătoare este caracterizată prin mai multe jeturi de agent primar şi combustibil egale şi paralele între ele, jeturi între care se intercalează, într-o cantitate redusă, aer secundar (restul aerului secundar fiind introdus sub zero grade faţă de orizontală la partea de jos a arzătorului şi sub un unghi mai mare decît unghiul de batere a jeturilor primare la partea superioară a arzătorului) (fig. 1).

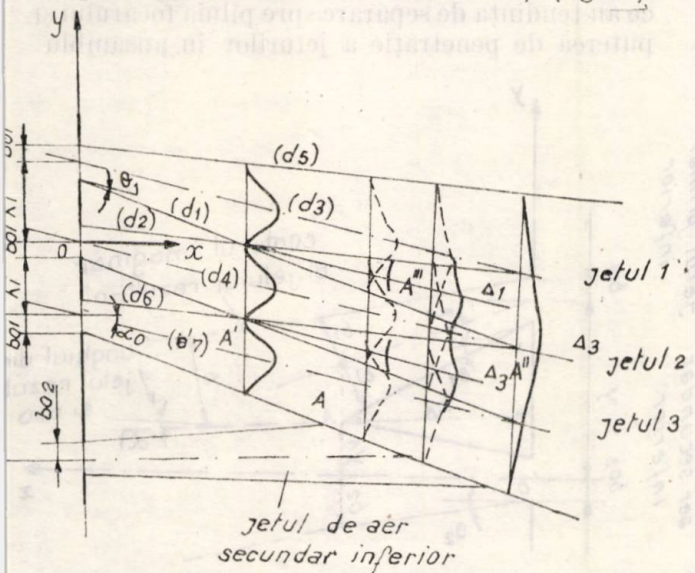


Fig. 6. Modelul matematic adoptat pentru studiul arzătoarelor cu fante grupate.

Fig. 6. The mathematical model for the packaged slot burner study.

În figura 6 se prezintă modelul de calcul preconizat. Jeturile de agent primar şi combustiil fiind de impuls egal, intersecţia lor s-a studiat pe baza principiului superpoziţiei [8].

Problema constă în determinarea gradului de interacţiune a jeturilor de agent primar şi combustibil (limita interacţiunii caracterizată prin punctul A'' ducînd la formarea unui singur jet din cele trei iniţiale) şi la determinarea, în funcţie de acest fenomen, a capacităţii de penetraţie în focar a jeturilor de agent primar şi de combustibil, precum şi în determinarea optimă a punctului A, de admisie a aerului secundar inferior. Aerul secundar inferior va trebui să modeleze în final traiectoria flăcării cu influenţele respective asupra cantităţii de particule de combustibil solid căzute în pîlnie.

Conform principiului superpoziţiei, legea de compunere a vitezei axiale pentru două jeturi va fi:

$$u = \sqrt{u_1^2 + u_2^2} \quad (30)$$

În figura 6 s-a arătat şi modul de compunere a vitezei axiale, pînă la formarea unui singur profil. Cu $d_1 - d_7$ şi cu Δ_1, Δ_2, Δ_3 s-au notat simplificat dreptele ce apar în calculele analitice, în sistemul de axe carteziene ales.

Din intersecţia dreptelor d_1 şi d_2 rezultă coordonatele punctului A':

$$\left.\begin{aligned} x_{A'} &= \frac{(\lambda_i - 2b_{0i})\cos(\alpha_0 + \theta_1)\cos(\alpha_0 - \theta_1)}{\sin 2\theta_1} \\ y_{A'} &= \lambda_i\left[1 - \frac{\sin(\alpha_0 + \theta_1)\cos(\alpha_0 - \theta_1)}{\sin 2\theta_1}\right] - \\ &- b_{0i}\left[1 - \frac{2\sin(\alpha_0 + \theta_1)\cos(\alpha_0 - \theta_1)}{\sin 2\theta_1}\right] \end{aligned}\right\} \quad (31)$$

Din intersecţia dreptelor d_1 şi d_6 rezultă coordonatele punctului A'':

$$\left.\begin{aligned} x_{A''} &= \frac{2(\lambda_i - b_{0i})\cos(\alpha_0 + \theta_1)\cos(\alpha_0 - \theta_1)}{\sin 2\theta_1} \\ y_{A''} &= (\lambda_i - b_{0i})\left[1 - 2\frac{\sin(\alpha_0 + \theta_1)\cos(\alpha_0 + \theta_1)}{\sin 2\theta_1}\right] \end{aligned}\right\} \quad (32)$$

unde θ_1 reprezintă semiunghiul de evazare a jeturilor primare.

Pentru studiul interacţiunii jeturilor primare, legea distribuţiei vitezei axiale într-un jet a fost luată sub forma [11]:

$$u = u_m(x)\,(1 - \eta^{\frac{3}{2}})^2 \quad (33)$$

Pentru jetul l coordonata adimensională a distribuţiei vitezei η va fi:

$$(\eta_{\Delta_1})_{u_1} = \frac{y_{\Delta_1} - y_{d_3}}{y_{d_1} - y_{d_3}} =$$

$$= \frac{y_{A'} + (x - x_{A'})\operatorname{tg}(\pi - \alpha_0) - [\lambda_i + x\operatorname{tg}(\pi - \alpha_0)]}{\lambda_i - b_{0i} + x\operatorname{tg}[\pi - (\alpha_0 + \theta_1)] - [\lambda_i + x\operatorname{tg}(\pi - \alpha_0)]} =$$

$$= \frac{\lambda_i + x_{A'}\operatorname{tg}(\pi - \alpha_0) - y_{A'}}{b_{0i} + x\dfrac{\sin\theta_1}{\cos(\alpha_0 + \theta_1)\cos\alpha_0}}, \quad (34)$$

unde $x \gg x_{A'}$.

Pentru jetul 2, coordonata adimensională η va avea forma:

$$(\eta_{\Delta_1})_{u_2} = \frac{y_{\Delta_1} - y_{d_4}}{y_{d_2} - y_{d_4}} =$$

$$= \frac{y_{A'} + (x - x_{A'})\,\mathrm{tg}(\pi - \alpha_0) - x\,\mathrm{tg}(\pi - \alpha_0)}{b_{01} - x\,\mathrm{tg}[\pi - (\alpha_0 - \theta_1)] - x\,\mathrm{tg}(\pi - \alpha_0)} =$$

$$= \frac{y_{A'} - x_{A'}\,\mathrm{tg}\,(\pi - \alpha_0)}{b_{0i} + x\,\dfrac{\sin\,(2\alpha_0 - \theta_1)}{\cos\,(\alpha_0 - \theta_1)\,\cos\,\alpha_0}}, \qquad (35)$$

unde $x \geqslant x_{A'}$.

Aplicînd legea distribuţiei vitezelor axiale după coordonata verticală y, expresiile acestora pe dreapta de coordonate Δ_1 vor fi:

$$\left.\begin{aligned} u_1 &= u_{m_1}(x)\left[1 - \left(\frac{\lambda_i + x_{A'}\,\mathrm{tg}(\pi - \alpha_0) - y_{A'}}{b_{0i} + x\,\dfrac{\sin\,\theta_1}{\cos\,(\alpha_0 + \theta_1)\,\cos\,\alpha_0}}\right)^{\frac{3}{2}}\right]^2 \\ u_2 &= u_{m_2}(x)\left[1 - \left(\frac{y_{A'} - x\,\mathrm{tg}(\pi - \alpha_0)}{b_{0i} + x\,\dfrac{\sin(2\alpha_0 - \theta_1)}{\cos\,(\alpha_0 - \theta_1)}}\right)^{\frac{3}{2}}\right]^2 \end{aligned}\right\} \qquad (36)$$

Compunînd vitezele pe baza principiului superpoziţiei, pentru viteza axială în lungul dreptei Δ_1, s-a obţinut următoarea relaţie (valabilă şi pentru dreapta Δ_2):

$$(u)_{\Delta_1} = (u)_{\Delta_2} =$$

$$= u_m(x)\sqrt{\left[1 - \left(\frac{\lambda_i + x_{A'}\,\mathrm{tg}(\pi - \alpha_0) - y_{A'}}{b_{0i} + x\,\dfrac{\sin\,\theta_1}{\cos(\alpha_0 + \theta_1)\cos\alpha_0}}\right)^{\frac{3}{2}}\right]^4 + \left[1 - \left(\frac{y_{A'} - x_{A'}\,\mathrm{tg}(\pi - \alpha_0)}{b_{0i} + x\,\dfrac{\sin\,(2\alpha_0 - \theta_1)}{\cos(\alpha_0 - \theta_1)\,\cos\,\alpha_0}}\right)^{\frac{3}{2}}\right]^4} \qquad (37)$$

Ca urmare a adunării vitezelor pe coordonatele dreptelor (Δ_1) şi (Δ_2), începînd cu un anumit punct notat cu A‴, punctele de maximum de viteză axială se vor muta de pe dreptele (d_3), (d_4) şi (d_7) pe dreptele (Δ_1) şi (Δ_2), aşa cum se observă în figura 6. Coordonata A‴ va rezulta din relaţia:

$$\left[1 - \left(\frac{\lambda_i + x_{A'}\,\mathrm{tg}(\pi - \alpha_0) - y_{A'}}{b_{0i} + x_{A'''}\,\dfrac{\sin\,\theta_1}{\cos(\alpha_0 + \theta_1)\,\cos\,\alpha_0}}\right)^{\frac{3}{2}}\right]^4 +$$

$$+ \left[1 - \left(\frac{y_{A'} - x_{A'}\,\mathrm{tg}\,(\pi - \alpha_0)}{b_{0i} + x_{A'''}\,\dfrac{\sin\,(2\alpha_0 - \theta_1)}{\cos\,(\alpha_0 - \theta_1)\,\cos\,\alpha_0}}\right)^{\frac{3}{2}}\right]^4 = 1 \qquad (38)$$

Prin metoda similară de compunere a vitezelor se va afla poziţia punctului A'', punct ce delimitează începutul comportării jetului rezultant ca unul de sine stătător.

Pentru viteze mari ale jeturilor de agent primar şi combustibil, interacţiunea acestor jeturi se va reduce, putînd apărea situaţia ca la coordonata punctului A de admisie a aerului secundar, jeturile de agent primar şi combustibil să-şi păstreze individualitatea, modelul studiat trebuind, în acest caz, să fie înlocuit cu cel de la arzătorul cu fante distanţate (prezentat în capitolul următor).

4. Corelarea elementelor geometrice ale unui arzător de tip fantă pe baza studiului intersecţiei jetului de aer secundar inferior cu jetul primar situat deasupra sa

Acest studiu caracterizează comportarea arzătoarelor cu fantele de agent primar situate la distanţe mari unele de altele (arzătoarele de tip EVT, fig. 2), la care intersecţia jeturilor inferioare caracterizează traiectoria particulelor ce au tendinţa de separare spre pînlia focarului şi puterea de penetraţie a jeturilor în ansamblu.

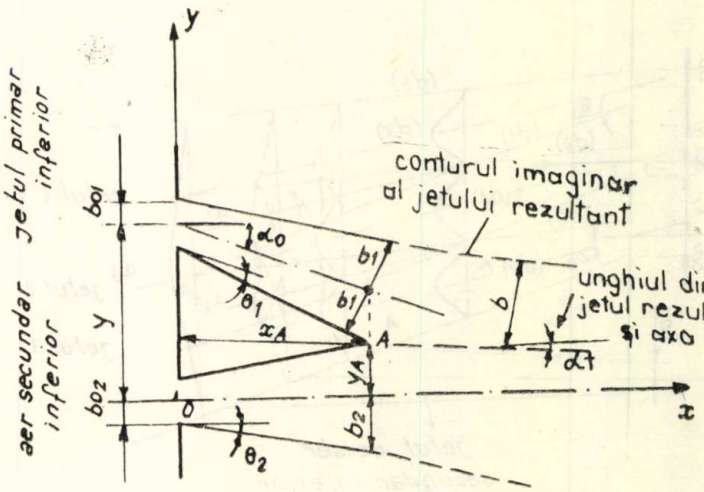


Fig. 7. Modelul matematic adoptat pentru studiul arzătoarelor cu fante distanţate.
Fig. 7. The mathematical model for the spaced slot burner study.

În figura 7 se prezintă modelul fizic adoptat, studiul cuprinzînd cazul unor jeturi turbulente, plan paralele, intersecţia avînd loc în zona de bază a acestora [9]. Se remarcă înclinarea fantei la ieşirea agentului primar şi a combustibilului solid cu un unghi negativ (orientat spre pînlia focarului), conform situaţiei reale.

Datorită temperaturii mai mari a incintei de ardere (focarului) decît a jeturilor nu există forţă ascensională arhimedică, traiectoriile pînă la punctul de intersecţie neprezentînd din această cauză curburi [10].

Coordonatele punctului A de intersecție, în sistemul de referință prezentat în figura 7, vor fi :

$$\left.\begin{aligned} x_A &= (\lambda - b_{01} - b_{02}) \frac{\cos(\alpha_0 + \theta_1)\cos\theta_2}{\sin(\alpha_0 + \theta_1 + \theta_2)} \\ y_A &= \frac{b_{02}\sin(\alpha_0 + \theta_1)\cos_2}{\sin(\alpha_0 + \theta_1 + \theta_2)} - \\ &- \frac{(\lambda - b_{01})\sin\theta_2\cos(\alpha_0 + \theta_1)}{\sin(\alpha_0 + \theta_1 + \theta_2)} \end{aligned}\right\} \quad (39)$$

unde θ_1 și θ_2 reprezintă semiunghiurile de evazare a jeturilor.

Pentru studiul intersecției jeturilor s-au folosit următoarele ecuații [10], [11] :

a) Ecuația continuității :

$$\rho_1 u_{1t}\,dy_1 + \rho_2 u_{2t}\,dy_2 = \rho_s\, u_{st}\,dn \quad (40)$$

b) Ecuația impulsului după axa ox și respectiv oy :

$$\rho_1 u_{1t}^2 \cos\alpha_0\,dy_1 + \rho_2 u_{2t}^2\,dy_2 = \rho_s u_{st}^2 \cos\alpha_t\,dn \quad (41)$$

$$\rho_1 u_{1t}^2 \sin\alpha_0\,dy_1 = \rho_s u_{st}^2 \sin\alpha_t\,dn \quad (42)$$

c) Ecuația schimbului de căldură dintre jeturi :

$$c_1\rho_1 u_{1t}(T_1 - T_i)\,dy_1 + c_2\rho_2 u_{2t}(T_2 - T_i)\,dy_2 = $$

$$= c_s\rho_s u_{st}(T_s - T_i)\,dn, \quad (43)$$

în care :

u_{1t}, u_{2t}, u_{st} reprezintă vitezele în jetul superior, inferior și în jetul rezultat (indicele t indică faptul că temperatura se consideră la temperatura reală a jetului) ;

T_i — temperatura mediului ;

T_s — temperatura jetului rezultat ;

u_{0j} — vitezele inițiale ale jeturilor incidente, unde $j = 1,2$;

b_{0j} — semigrosimile fantelor arzătorului (fig. 7) ;

ρ_1 ρ_2 ρ_3 — densitățile jeturilor ;

c_1, c_2, c_3 — căldurile specifice ale jeturilor la temperatura acestora.

Dacă se introduc notațiile $T_1 - T_i = \Delta T_1$; $T_2 - T_i = \Delta T_2$ și $T_s - T_i = \Delta T_s$, ecuația (43) va deveni :

$$c_1\rho_1 u_{1t}\Delta T_1\,dy_1 + c_2\rho_2 u_{2t}\Delta T_2\,dy_2 = c_s\rho_s u_{2t}\Delta T_s\,dn \quad (44)$$

În anexa 1 se prezintă modul de rezolvare a sistemului de ecuație prin folosirea metodei mediei parametrilor cinematici și termici [11].

5. Distribuția vitezelor axiale la un arzător cu impact de jeturi

În figura 8 se prezintă modelul fizic pentru determinarea vitezei axiale a jetului rezultat din intersecția a două jeturi incidente, amplasate simetric față de axa mediană x sub unghiul α_0.

Distribuția vitezei axiale în lungul coordonatelor x_1 și x_2 s-a ales conform ecuației jetului bifazic plan, compunerea vitezelor făcîndu-se

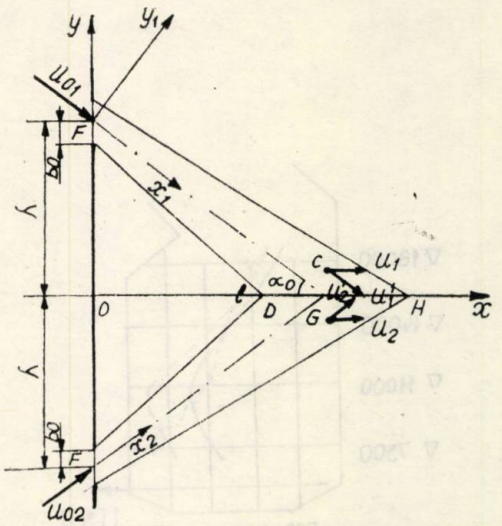


Fig. 8. Modelul matematic adoptat pentru studiul arzătorului cu două jeturi incidente.

Fig. 8. The mathematical model for the two incidental jets burner study.

pe baza principiului superpoziției. S-a admis posibilitatea aplicării principiului superpoziției deoarece unghiul de intersecție are valori reduse ($\alpha_0 < 30°$).

Față de sistemul de axe xoy, viteza axială în punctul c (sau G), punct situat în zona de interacțiune a jeturilor, va fi [2] :

$$u_c(x,y) = \frac{u_{01}\sqrt{\dfrac{\rho_{0am}}{\rho_{am}}\cdot\dfrac{b_0}{c\int_0^{\eta}\exp(-c\,\eta^2\,d\eta/4\varkappa)}}}{\sqrt{\dfrac{\lambda}{\sin\alpha_0} + \left(x - \dfrac{\lambda}{\operatorname{tg}\alpha_0}\right)\dfrac{1}{\cos\alpha_0}}} \cdot$$

$$\cdot e^{-\frac{1}{4\varkappa c}\cdot\frac{\frac{y^2}{\cos^2\alpha_0}}{\left[\frac{\lambda}{\sin\alpha_0} + \left(x - \frac{\lambda}{\operatorname{tg}\alpha_0}\right)\frac{1}{\cos\alpha_0}\right]^2}} \quad (45)$$

În urma interacțiunii jeturilor, viteza în punctul c (sau G) va fi :

$$u = \sqrt{u_{1c}^2 + u_{2c}^2}$$

Acest tip de arzător permite o basculare a jetului rezultant, în funcție de mărimea impulsului jeturilor incidente. Bascularea flăcării în

focar este necesară pentru reglajul temperaturii aburului supraîncălzit și pentru corectarea gradului de umplere cu flacără a focarului și implicit și a gradului de ardere.

Pe acest principiu s-a construit un arzător pentru un debit de 13 t/h de lignit. Cu astfel de arzătoare (prezentate în figura 3) se echipează un cazan energetic de 100 t/h la CTE Doicești. În [12] se prezintă rezultatele obținute cu aceste tipuri de arzătoare la utilizarea unui

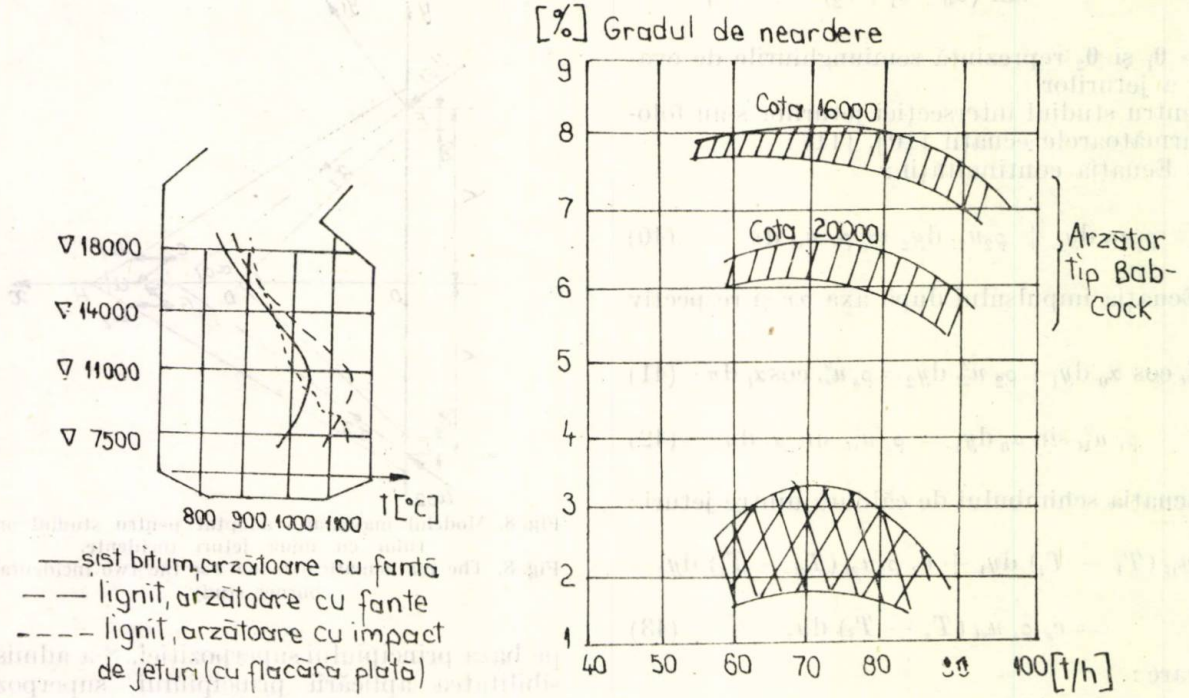


Fig. 9. Comportarea arzătoarelor cu fante grupate și cu jeturi incidente la arderea combustibililor solizi inferiori (experimentări pe un cazan de 100 t/h la CTE Doicești).

Fig. 9. The behaviour of packaged slot burners and of incidental jet burners during the processing of solid low grade fuel (tests of a 100 t/h boiler from the thermal power plant Doicești)

lignit cu o putere calorică inferioară $Q_i^i = 1575 - 2070$ kcal/kg. Datorită mai bunei amestecări a combustibilului cu mediul oxidant, obținută în zona de impact a jeturilor, precum și concentrării flăcării într-un nucleu, s-a realizat o îmbunătățire a arderii în ansamblu și o scădere a consumului de hidrocarburi de aport termic. În figura 9 se prezintă comparativ rezultatele arderii pentru cazul utilizării la același cazan a unor arzătoare de tipul celui prezentat în figura 1 (arzătorul de tip Babcock) și a arzătoarelor cu impact de jeturi [12].

Experimentări ulterioare cu șist bituminos au dus de asemenea la rezultate bune.

În anexa 2 se prezintă etapele cercetării pentru realizarea arzătorului cu impact de jeturi de 13 t/h lignit de la CTE Doicești.

Anexa 1

Termenul $\rho_s u_{st}$, mediat, va deveni :

$$(\rho_s u_{st})_{med} = \frac{1}{S_n}\int_{S_n} \rho_s u_{st} dS = \rho_{smed} u_{stmed} = \rho_{smed} k_{st} u_{mst}, \quad (1a)$$

unde S_n este secțiunea plană prin jetul rezultat în punctul de mediere.

Relația obținută permite calcularea valorii $(\rho_s u_{st})_{med}$ în funcție de densitatea medie, de viteza în axul jetului u_{mst} (mărime cunoscută) și de constanta medierii vitezei k_{st}.

Din ecuația (1a), pentru constanta de mediere a vitezei jetului rezultant, se va obține următoarea expresie :

$$k_{st} = \frac{\frac{1}{S_n}\int_{S_n} \rho_s u_{st}\, dS}{\rho_{smed}\, u_{mst}} = \frac{\rho_s}{\rho_{s\,med}} \cdot \frac{1}{S_n}\int_{S_n} \frac{u_{st}}{u_{mst}} dS = \frac{\rho_{ms}}{\rho_{smed}} \cdot$$

$$\cdot \frac{1}{2bh}\int_0^b \frac{\rho_s}{\rho_{ms}} \cdot \frac{u_{st}}{u_{mst}} 2h dn = \frac{\rho_{ms}}{\rho_{smed}}\int_0^1 \frac{\rho_s}{\rho_{ms}} \cdot \frac{u_{st}}{u_{mst}} d\left(\frac{n}{b}\right) \quad (2a)$$

Cu b s-a notat semigrosimea jetului rezultant, iar cu h înălțimea sa (fig. 7).

Folosindu-se metoda medierii și pentru jeturile incidente, se va obține :

$$k_{jt} = \frac{\rho_{mj}}{\rho_{jmed}}\int_0^1 \frac{\rho_j}{\rho_{mj}} \frac{u_{jt}}{u_{mtj}} d\left(\frac{y_j}{b_j}\right) = \frac{\rho_{mj}}{\rho_{jmed}}\int_0^1 \frac{u_{jt}}{u_{mtj}} d\left(\frac{y_j}{b_j}\right), \quad (3a)$$

$$Cuj = 1 ; 2.$$

Constantele pentru medierea ecuațiilor impulsului, notate cu K, se vor obține din următoarele ecuații :

$$K_{jt} = \frac{\frac{1}{S_n}\int_{S_n} \rho_s u_{st}^2 \, dS}{\rho_{smed} k_{st}^2 u_{mst}^2} = \frac{1}{k_{st}^2} \cdot \frac{\rho_s}{\rho_{smed}} \int_0^1 \frac{u_{st}}{u_{mst}} d\left(\frac{n}{b}\right) =$$

$$= \frac{1}{k_{st}^2} \cdot \frac{\rho_{ms}}{\rho_{smed}} \int_0^1 \frac{\rho_s}{\rho_{ms}} \left(\frac{u_{st}^2}{u_{mst}}\right) d\left(\frac{n}{b}\right) =$$

$$\frac{1}{k_{jt}^2} \cdot \frac{\rho_{mj}}{\rho_{jmed}} \int_0^1 \left(\frac{u_{jt}}{u_{mjt}}\right) d\left(\frac{y_j}{b_j}\right) \tag{4a}$$

Deoarece studiul intersecției jeturilor presupune că arderea nu are un grad atît de avansat încît să modifice sensibil cîmpul termic al jetului primar (cazul ligniților și al șisturilor bituminoase la care timpul de pregătire este foarte mare), variația temperaturii într-o secțiune transversală este redusă, lucru care a dus la ipoteza $\rho_j/\rho_{mj} \simeq 1$, ipoteză ce a permis simplificările prezentate la ecuațiile (3a) și (4a).

Mediate, ecuațiile continuității și impulsului se vor transforma în :

$$\rho_{1med} k_{1t} u_{mt_1} b_1 + \rho_{2med} k_{2t} u_{mt_2} b_2 = \rho_{smed} k_{st} u_{mst} b \tag{5a}$$

$$\rho_{1med} K_{1t} k_{1t}^2 u_{mt_1}^2 \cos \alpha_0 b_1 + \rho_{2med} K_{2t} k_{2t}^2 u_{mt}^2 b_2 =$$

$$= \rho_{smed} K_{st} k_{st}^2 u_{mst} b \cos \alpha_t \tag{6a}$$

$$\rho_{1med} K_{1t} k_{1t}^2 u_{mt_1}^2 b_1 \sin\alpha_0 = \rho_{smed} K_{st} k_{st}^2 u_{mst}^2 b \sin \alpha_t \tag{7a}$$

Din relațiile (5a) și (6a) se va obține expresia vitezei în axul jetului rezultant :

$$u_{mst} = \frac{\rho_{1med} K_{1t} k_{1t}^2 \left(\frac{u_{mt_1}}{u_{01}}\right)^2 u_{01}^2 b_1 \cos \alpha_0 + \rho_{2med} K_{2t} k_{2t}^2 \left(\frac{u_{mt_2}}{u_{02}}\right)^2 u_{02}^2 b_2}{\rho_{1me} k_{1t} \left(\frac{u_{mt_1}}{u_{01}}\right) u_{01} b_1 + \rho_{2med} k_{2t} \left(\frac{u_{mt_2}}{u_{02}}\right) u_{02} b_2} \cdot \frac{1}{K_{st} k_{st} \cos \alpha_t} \tag{8a}$$

Înlocuind relația (5a) în (7a) se va obține semigrosimea jetului rezultant :

$$b = \frac{\left[\rho_{1med} k_{1t} \left(\frac{u_{mt_1}}{u_{01}}\right) u_{01} b_1 + \rho_{2med} k_{2t} \left(\frac{u_{mt_2}}{u_{02}}\right) u_{02} b_2\right]^2 K_{st}}{\rho_{smed} \rho_{1med} K_{1t} k_{1t}^2 \left(\frac{u_{mt_1}}{u_{01}}\right)^2 u_{01}^2 b_1 \sin \alpha_0}, \tag{9a}$$

iar din relațiile (6a) și (4a) unghiul de deviere al jetului rezultant în punctul de formare :

$$\operatorname{tg}\alpha_t = \frac{\rho_{1med} K_{1t} k_{1t}^2 \left(\frac{u_{mt_1}}{u_{01}}\right)^2 u_{01}^2 b_1 \sin \alpha_0}{\rho_{1med} K_{1t} k_{1t}^2 \left(\frac{u_{mt_1}}{u_{01}}\right)^2 u_{01}^2 b_1 \cos \alpha_0 + \rho_{2med} K_{2t} k_{2t}^2 \left(\frac{u_{mt_2}}{u_{02}}\right)^2 u_{02}^2 b_2} \tag{10a}$$

În continuare, în relațiile (44), (45) și (46), ce caracterizează jetul format din incidența jeturilor de aer secundar, agent primar și combustibil, se vor introduce expresiile constantelor de mediere și se va arăta modul de calcul al acestora, potrivit specificului fiecărui jet, astfel încît relațiile prezentate să devină calculabile numeric :

$$u_{mst} = \frac{m_1 \left(\frac{u_{mt_1}}{u_{01}}\right)^2 u_{01}^2 b_1 \cos \alpha_0 \int_0^1 \left(\frac{u_{1t}}{u_{mt_1}}\right)^2 d\left(\frac{y_1}{b_1}\right) + \rho_{m2} \left(\frac{u_{mt_2}}{u_{02}}\right)^2 u_{02}^2 b_2 \int_0^1 \left(\frac{u_{2t}}{u_{mt_2}}\right)^2 d\left(\frac{y_2}{b_2}\right)}{\left[\rho_{m1} \left(\frac{u_{mt_1}}{u_{01}}\right) u_{01} b_1 \int_0^1 \left(\frac{u_{1t}}{u_{mt_1}}\right) d\left(\frac{y_1}{b_1}\right) + \rho_{m2} \left(\frac{u_{mt_2}}{u_{02}}\right) u_{02} b_2 \int_0^1 \left(\frac{u_{2t}}{u_{mt_2}}\right) d\left(\frac{y_2}{b_2}\right)\right] K_{st} k_{st} \cos \alpha_t} \tag{11a}$$

$$\operatorname{tg} \alpha_t = \frac{\rho_{m1} \left(\frac{u_{mt_1}}{u_{01}}\right)^2 u_{01}^2 \int_0^1 \left(\frac{u_{1t}}{u_{mt_1}}\right)^2 d\left(\frac{y_1}{b_1}\right) b_1 \sin \alpha_0}{\rho_{m1} \left(\frac{u_{mt_1}}{u_{01}}\right)^2 u_{01}^2 b_1 \cos \alpha_0 \int_0^1 \left(\frac{u_{1t}}{u_{mt_1}}\right) d\left(\frac{y_1}{b_1}\right) + \rho_{m2} \left(\frac{u_{mt_2}}{u_{02}}\right) u_{02}^2 b_2 \int_0^1 \left(\frac{u_{2t}}{u_{mt_2}}\right) d\left(\frac{y_2}{b_2}\right)}, \tag{11'a}$$

unde cosinusul unghiului se poate calcula cu relația :

$$\cos \alpha_t = \frac{1}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha_t}}$$

$$b = \frac{3\left[\rho_{m1} \left(\frac{u_{mt_1}}{u_{01}}\right) u_{01} b_1 \int_0^1 \left(\frac{u_{1t}}{u_{mt_1}}\right) d\left(\frac{y_1}{b_1}\right) + \rho_{m2} \left(\frac{u_{mt_2}}{u_{02}}\right) u_{02} b_2 \int_0^1 \left(\frac{u_{2t}}{u_{mt_2}}\right) d\left(\frac{y_2}{b_2}\right)\right]^2}{4\rho_{m1} \left(\frac{u_{mt_1}}{u_{01}}\right)^2 u_{01}^2 \rho_{ms} b_1 \sin \alpha_0 \int_0^1 \left(\frac{u_{st}}{u_{mt_1}}\right) d\left(\frac{y_1}{b_1}\right) \cdot \int_0^1 \left(\frac{u_{st}}{u_{mst}}\right) d\left(\frac{n}{b}\right)} \tag{12a}$$

În funcție de poziția punctului A de intersecție a jeturilor (fig. 7) raportul dintre viteza în axele jeturilor și viteza de ieșire din fante va fi :

$$\frac{u_{mt_1}}{u_{01}} = \frac{1{,}2}{\sqrt{\frac{a_1 \cdot x_A}{b_{01}} \cdot \frac{1}{\cos \alpha_0} + 0{,}41}};$$

$$\frac{u_{mt_2}}{u_{02}} = \frac{1{,}2}{\sqrt{\frac{a_2 \cdot x_A}{b_{02}} + 0{,}41}}, \tag{13a}$$

a_1 și a_2 reprezentînd coeficienții de structură a jeturilor.

Semigrosimea jeturilor incidente se va calcula cu ajutorul relațiilor :

$$\left.\begin{aligned} b_1 &= b_{01} + c_A \mu_{m1} x_A \frac{1}{\cos \alpha_0} = b_{01} + x_A \operatorname{tg}\theta_1 \frac{1}{\cos \alpha_0} \\ b_2 &= b_{02} + c_A x_A = b_{02} + x_A \operatorname{tg} \theta_2 \end{aligned}\right\} \tag{14a}$$

Integralele din relațiile anterioare se vor calcula după modul prezentat în continuare :

$$\int_0^1 \left(\frac{u_{1t}}{u_{mt_1}}\right) d\left(\frac{y_1}{b_1}\right) = \int_0^1 e^{-\frac{1}{4x_1 c} \cdot \frac{y_1^2 \cos^2 \alpha_0}{x_A^2}} d\left(\frac{y_1}{b_1}\right) =$$

$$= \int_0^1 e^{-\frac{\cos^2 \alpha_0}{4x_1 c} \left(\frac{b_1}{x_A}\right)^2 \eta_1^2} d\eta_1 = \int_0^1 \left[1 - B\left(\frac{\cos^2 \alpha_0}{4x_1 c} \cdot \frac{b_1}{x_A^2} \eta_1^2\right)\right] d\eta_1 =$$

$$= 1 - \int_0^1 B\left(\frac{\cos^2 \alpha_0}{4x_1 c} \cdot \frac{b_1^2}{x_A^2} \eta_1^2\right) d\eta_1 \tag{15a}$$

unde $\eta_1 = y_1/b_1$, B fiind funcţia dezvoltării în serie Taylor a exponenţialei :

$$\int_0^1 \left(\frac{u_{2t}}{u_{mt_2}}\right) \mathrm{d}\left(\frac{y_2}{b_2}\right) = \int_0^1 \mathrm{e}^{-\frac{1}{4x_2c_a}\cdot\frac{y_1^2}{x_A^2}} \mathrm{d}\left(\frac{y_2}{b_2}\right) =$$

$$= 1 - \int_0^1 \mathrm{B}\left(\frac{1}{4\varkappa_2 c_a}\frac{b_2^2}{x_A^2}\eta_2^2\right)\mathrm{d}\eta_2 \qquad (16a)$$

Produsul constantelor de mediere $K_{st}\cdot k_{st}$ ce apare în relaţia (11a) se va calcula în modul următor :

$$K_{st}\cdot k_{st} = \frac{k_{st}}{k_{st}^2}\cdot\frac{\rho_{ms}}{\rho_{smed}}\int_0^1 \frac{\rho_s}{\rho_{ms}}\left(\frac{u_{st}}{u_{mst}}\right)^2 \mathrm{d}\left(\frac{n}{b}\right) =$$

$$= \frac{1}{\frac{\rho_{ms}}{\rho_{smed}}\int_0^1 \frac{\rho_s}{\rho_{ms}}\left(\frac{u_{st}}{u_{mst}}\right)\mathrm{d}\left(\frac{n}{b}\right)}\cdot$$

$$\frac{\rho_{ms}}{\rho_{smed}}\int_0^1 \frac{\rho_s}{\rho_{ms}}\left(\frac{u_{st}}{u_{mst}}\right)^2 \mathrm{d}\left(\frac{n}{b}\right) = \frac{4}{3}\int_0^1 \left(\frac{u_{st}}{u_{mst}}\right)\mathrm{d}\left(\frac{n}{b}\right) =$$

$$= \frac{4}{3}\left[1 - \int_0^1 B\left(\frac{1}{4\varkappa_{st}c_{st}}\cdot\frac{b_2^2}{x_A^2}\cdot\eta_{st}^2\right)\mathrm{d}\eta_{st}\right], \qquad (17a)$$

unde : $b \simeq \dfrac{b_1}{\cos\alpha_0} + b_2 + (x - x_A)\, c_{st}$; $c_{st} = c_a\ \mu_{mst}$; $\rho_{mst} =$

$= \rho_{0mst}\ \dfrac{T_0}{T_{mst}}(1 + \mu'_{mst})$.

Temperatura în axul jetului rezultant se va obţine din ecuaţia bilanţului termic mediată :

$$c_{1med}\cdot\rho_{1med}\cdot u_{1tmed}\cdot\Delta T_{1med}\cdot b_1 + c_{2med}\cdot\rho_{2med}\cdot u_{2tmed}\cdot\Delta T_{2med}\cdot b_2 = c_{smed}\cdot\rho_{smed}\cdot u_{stmed}\cdot\Delta T_{smed}\cdot b \qquad (18a)$$

Mediind diferenţele de temperatură după ecuaţia debitului va rezulta :

$$\Delta T_{smed} = \frac{1}{u_{stmed}\cdot S_n}\int_{S_n} u_{ts}\,\Delta T_s\,\mathrm{d}S = K_{s\Delta T}(\Delta T_s)_{mediat}, \qquad (19a)$$

în care :

$$(\Delta T_s)_{mediat} = \frac{1}{S_n}\int_{S_n}\Delta T_s\,\mathrm{d}S = K_{s\Delta T}\,\Delta T_{ms} \qquad (20a)$$

Se va obţine :

$$\Delta T_{smed} = K_{s\Delta T}\,k_{s\Delta T}\,\Delta T_{ms} \qquad (21a)$$

Constanta de mediere $k_{s\Delta T}$ va rezulta din relaţia (20a) :

$$k_{s\Delta T} = \frac{(\Delta T_s)_{mediat}}{\Delta T_{ms}} = \int_0^1 \frac{\Delta T_s}{\Delta T_{ms}}\,\mathrm{d}\left(\frac{n}{b}\right) = \int_0^1 \left(\frac{u_{st}}{u_{mst}}\right)^{\frac{1}{2}}\mathrm{d}\left(\frac{n}{b}\right), \qquad (22a)$$

trecerea de la raportul temperaturilor la raportul vitezelor făcîndu-se conform teoriei lui Taylor $\left(\dfrac{\Delta T_s}{\Delta T_{ms}} = \sqrt{\dfrac{u_{st}}{u_{mst}}}\right)$.

Constanta de mediere $K_{s\Delta T}$ va rezulta din ecuaţia (19a), după cum urmează :

$$K_{s\Delta T} = \frac{1}{u_{stmed}\cdot S_n}\cdot\frac{1}{\Delta T_{s\,mediat}}\int_{S_n} u_{st}\Delta T_s\,\mathrm{d}S =$$

$$= \frac{1}{k_{st}K_{s\Delta T}}\int_0^1 \frac{u_{st}}{u_{mst}}\frac{\Delta T_s}{\Delta T_{ms}}\,\mathrm{d}\left(\frac{n}{b}\right) =$$

$$\frac{1}{k_{st}\,K_{s\Delta T}}\int_0^1 \frac{u_{st}}{u_{mst}}\sqrt{\frac{u_{st}}{u_{mst}}}\,\mathrm{d}\left(\frac{n}{b}\right) = \qquad (23)$$

$$= \frac{1}{k_{st}\cdot K_{s\Delta T}}\int_0^1 \left(\frac{u_{st}}{u_{mst}}\right)^{\frac{3}{2}}\mathrm{d}\left(\frac{n}{b}\right)$$

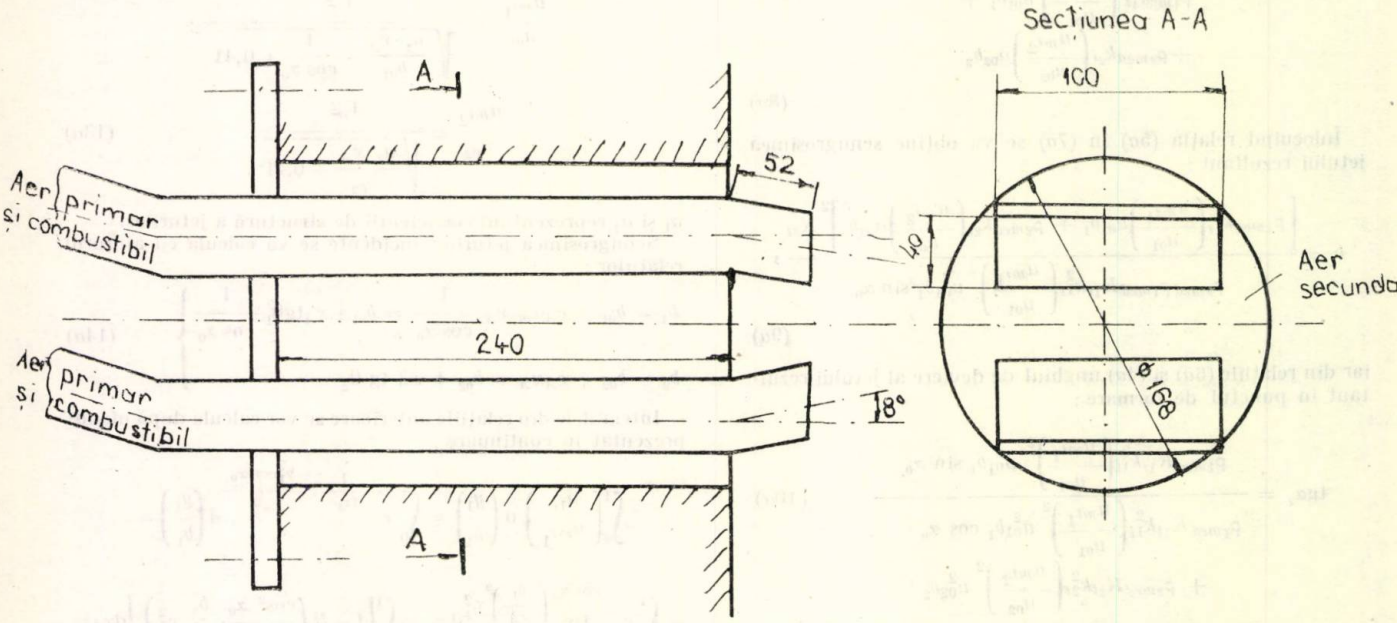


Fig. 10. Arzător cu impact de jeturi utilizat în cursul unor experimentări pe focarul pentru arderea prafului de combustibil solid la Institutul Politehnic Bucureşti.

Fig. 10. Jet impact bruner used during tests on the funnel for solid fuel dust burnnig at the Polytechnical Institute Bucharest.

Pentru jeturile incidente se vor obține pentru constantele de mediere termică relații echivalente :

$$k_{1\Delta T}=\int_0^1\left(\frac{u_{1t}}{u_{mt_1}}\right)^{\frac{1}{2}}\mathrm{d}\left(\frac{y_1}{b_1}\right);\quad k_{2\Delta T}=\int_0^1\left(\frac{u_{2t}}{u_{mt_2}}\right)^{\frac{1}{2}}\mathrm{d}\left(\frac{y_2}{b_2}\right);$$

$$K_{1\Delta T}=\frac{1}{k_{1t}\,k_{1\Delta T}}\int_0^1\left(\frac{u_{1t}}{u_{mt_1}}\right)^{\frac{3}{2}}\mathrm{d}\left(\frac{y_1}{b_1}\right);$$

$$K_{2\Delta T}=\frac{1}{k_{2T}k_{2\Delta T}}\int_0^1\left(\frac{u_{2t}}{u_{mt_2}}\right)^{\frac{3}{2}}\mathrm{d}\left(\frac{y_2}{b_2}\right) \qquad (24a)$$

Pentru domeniul termic de intersecție a jetului de agent primar și combustibil cu jetul de aer secundar, se poate considera egalitatea căldurilor specifice ($c_{1med}\simeq c_{2med}\simeq c_{stmed}$) ecuația (18$a$) reducîndu-se la forma :

$$\rho_{1med}\cdot k_{1t}\cdot u_{mt_1}\cdot K_{1\Delta T}\cdot k_{1\Delta T}\cdot\Delta T_{m1}\cdot b_1+\rho_{2med}\cdot k_{2t}\cdot u_{mt_2}\cdot$$

$$\cdot K_{2\Delta T}\cdot k_{2\Delta T}\cdot\Delta T_{m2}\cdot b_2=\rho_{smed}\cdot k_{st}\cdot u_{mst}\cdot K_{s\Delta T}\cdot k_{s\Delta T}\cdot\Delta T_{ms}\cdot b \qquad (25a)$$

Împărțind relația obținută la relația (5a), rezultă :

$$\Delta T_{ms}=\frac{\rho_{1med}k_{1t}\left(\frac{u_{mt_1}}{u_{01}}\right)u_{01}K_{1\Delta T}k_{1\Delta T}\left(\frac{\Delta T_{m_1}}{\Delta T_1}\right)\Delta T_1 b_1+\rho_{2med}k_{2t}\left(\frac{u_{mt_2}}{u_{02}}\right)u_{02}K_{2\Delta T}k_{2\Delta T}\left(\frac{\Delta T_{m_2}}{\Delta T_2}\right)\Delta T_2 b_2}{\left[\rho_{1med}k_{1t}\left(\frac{u_{mt_1}}{u_{01}}\right)u_{01}b_1+\rho_{2med}k_{2t}\left(\frac{u_{mt_2}}{u_{02}}\right)u_{02}b_2\right]K_{s\Delta T}k_{s\Delta T}} \qquad (26a)$$

În urma explicitării constantelor de mediere va rezulta :

$$\Delta T_{ms}=\frac{\left[\rho_{1\,med}\left(\frac{u_{mt_1}}{u_{01}}\right)u_{01}\Delta T_1 b_1\int_0^1\left(\frac{u_{1t}}{u_{mt_1}}\right)^{\frac{3}{2}}\mathrm{d}\left(\frac{y_1}{b_1}\right)+\rho_{2med}\left(\frac{u_{mt_2}}{u_{02}}\right)u_{02}\int_0^1\left(\frac{u_{2t}}{u_{mt_2}}\right)^{\frac{3}{2}}\mathrm{d}\left(\frac{y_2}{b_2}\right)\Delta T_2 b_2\right]k_{st}}{\int_0^1\left(\frac{u_{st}}{u_{mst}}\right)\mathrm{d}\left(\frac{n}{b}\right)\left[\rho_{m1}\left(\frac{u_{mt_1}}{u_{01}}\right)u_{01}b_1\int_0^1\left(\frac{u_{1t}}{u_{mt_1}}\right)\mathrm{d}\left(\frac{y_1}{b_1}\right)+\rho_{m2}\left(\frac{u_{mt_2}}{u_{02}}\right)u_{02}b_2\int_0^1\left(\frac{u_{2t}}{u_{mt_2}}\right)\mathrm{d}\left(\frac{y_2}{b_2}\right)\right]} \qquad (27a)$$

unde :

$$\rho_{1med}=\rho_{m1}\frac{1}{S_{n_1}}\int_{S_{n_1}}\left(\frac{\Delta T_{01}}{\Delta T_{m1}}\right)\mathrm{d}S_1=$$

$$=\rho_{m1}\int_0^1\left(\frac{u_{1t}}{u_{mt_1}}\right)^{\frac{1}{2}}\mathrm{d}\left(\frac{y_1}{b_1}\right)$$

$$\rho_{2med}=\rho_{m2}\frac{1}{S_{n_2}}\int_{S_{n_2}}\left(\frac{\Delta T_{02}}{\Delta T_{m2}}\right)\mathrm{d}S_2=$$

$$=\rho_{m2}\int_0^1\left(\frac{u_{2t}}{u_{mt_2}}\right)^{\frac{1}{2}}\mathrm{d}\left(\frac{y_2}{b_2}\right) \qquad (28a)$$

Anexa 2

O primă etapă a constat în stimularea funcționării arzătorului cu ajutorul unui calculator electronic. În [13] se prezintă forma finală a relațiilor de calcul. Din prelucrarea datelor obținute s-a putut determina unghiul de basculare al jetului rezultant pentru diverse rapoarte ale vitezei aerului secundar.

În continuare s-a trecut la faza experimentărilor în regim izotermic pe un metal din plexiglas, drept fluid de lucru fiind utilizat aerul. Datele experimentale au verificat valorile unghiului de basculare al jetului rezultant obținute prin calculul analitic.

Următoarea fază a cuprins experimentări la cald. În cursul acestor experimentări desfășurate pe focarul pentru arderea prafului de combustibil solid de la catedra „Cazane și turbine" de la Institutul Politehnic București, s-a folosit arzătorul prezentat în figura 10. Drept combustibil s-a folosit lignit de Rovinari ($W_i^i=35{,}10\%$, $A^i=36{,}80\%$, $Q_i^i=1230$ kcal/kg), lignit de Șotînga ($W_i^i=25{,}30\%$, $A^i=42{,}50\%$, $Q_i^i=1570$ kcal/kg) și șist bituminos din Banat ($Q_i^i=870$ kcal/kg). Finețea de măcinare pentru ligniți a fost caracterizată prin $R_{90}=32-54\%$, iar pentru șistul bituminos prin $R_{90}=45-64\%$.

Rezultatele bune obținute, chiar pentru un unghi redus de incidență a jeturilor ($\alpha_0=8°$), au recomandat încercările de ardere a șistului bituminos la cazanul de 100 t/h întreprinse la CTE Doicești.

Bibliografie

[1] Pănoiu N. ș.a. *Dezvoltarea construcției și calculului arzătoarelor pentru combustibili solizi inferiori.* În : Energetica, nr. 5, 1974.

[2] Mihăescu, L. *Contribuții asupra influenței parametrilor constructivi și funcționali ai arzătoarelor de combustibil solid pulverizat asupra arderii în focarele cazanelor de abur.* Teză de doctorat, I.P.B. 1980.

[3] Chercea, G. *Posibilități de îmbunătățire a aerodinamicii focarelor cu arzătoare tangențiale.* Prima conferință a energeticienilor din R. S. R., octombrie 1974.

[4] Neaga, C. *Calculul analitic al cîmpurilor de viteze și concentrații în jeturile bifazice izotermice.* Sesiunea de comunicări a I.P.B., 1972.

[5] Neaga, C., Mihăescu, L. și Cîrciu, G. *Calculul analitic al cîmpului de viteze și concentrații în jeturi bifazice izotermice, cu aplicare la arzătoarele cu fante.* Sesiunea de comunicări a I.P.B., 1977.

[6] Laats, M. *Eksperimentalnoe issledovanie razvitiia pilevozdușnoi strui.* În : Fizikomatematiceskih i tehniceskih nauk, nr, 4, 1965.

[7] Laats, M. *O vlianie iverdoi fazi na rezvitie pilevozdușnoi strui.* În: Fizikomatematiceskih i tehniceskih nauk, nr. 4, 1965.

[8] * * * *Issledovanie teplo i masoobmena v tehnologhiceskih protesah i aparatah.* Ed. Nauka i tehnika, Minsk 1966, p. 298—307.

[9] Tonkenoghi, A. V. ș.a. *Issledovanie resprostraniia priamougolnoi strui v popercinom potok.* În : Teploenerghetika, nr. 1, 1979.

[10] Mihăescu, L. și Mihăescu, C. *Un model matematic de studiu analitic al cîmpului de viteze de la un arzător de praf de cărbune de tip fantă.* Sesiunea de comunicări I.P.B., 1978.

[11] Vintilă, Șt. *Studiu termodinamic al corelației între parametrii termodinamici și cinetici ai jeturilor termice.* Teză de doctorat, I.P. B., 1974.

[12] Bicleșeanu, D. ș.a. *Rezultate preliminare obținute la arderea prafului de lignit cu arzătoare cu impact de jeturi la un cazan energetic de 100 t/h.* În : Energetica, nr. 5, 1982.

[13] Postelnicescu, M. ș.a. *Cercetări teoretice și experimentale în vederea construirii unui arzător de praf de combustibil solid cu impact de jeturi (cu flacără pilot).* În: Buletin I.P.B., seria mecanică, nr. 3, 1981.

(Primit la 26 iunie 1979, acceptat la 16 septemarie 1982)

Stabilitatea dinamică a generatoarelor sincrone cu luarea în considerare a efectului motoarelor serviciilor interne

Dr. ing. Alexandru Selischi, ing. Călin Mucichescu*

Introducere. Obiectul lucrării

Creşterea puterii unitare a grupurilor instalate în centralele electrice şi a puterilor transportate pe linii, precum şi mărirea complexităţii sistemelor electroenergetice a condus la creşterea continuă a importanţei dispozitivelor destinate să rezolve în mod automat regimurile anormale care periclitează stabilitatea dinamică. Una dintre condiţiile fundamentale care asigură funcţionarea corectă a acestor dispozitive este reglarea lor corespunzătoare, astfel încît să răspundă în mod corect la o gamă cît mai largă de defecţiuni apărute în reţea. Dificultatea principală întîmpinată în această direcţie este legată de caracterul neliniar al proceselor fizice care au loc la apariţia scurtcircuitelor, fapt ce impune tratarea problemelor de stabilitate dinamică pe cale numerică.

Lucrarea îşi propune să stabilească un model matematic care să reproducă cît mai exact procesele fizice ce au loc în generatoarele sincrone şi în motoarele serviciilor interne în cazul scurtcircuitelor. Pornind de la acest model matematic, s-a întocmit un program de calcul care permite determinarea analitică a regimului tranzitoriu şi, implicit, aprecierea corectitudinii reglajelor dispozitivelor de automatizare destinate să menţină stabilitatea dinamică (timpul de eliminare a defectelor, parametrii regulatoarelor de excitaţie şi viteză). Programul este foarte elastic, permiţînd luarea în considerare a unei game largi de defecte posibile, urmate fie de trecerea în funcţionare insulară a generatoarelor sincrone pe un consum redus, constituit din serviciile interne şi, eventual, un consumator local, fie de păstrarea legăturii cu sistemul.

O atenţie deosebită s-a acordat modelării regimului tranzitoriu al motoarelor asincrone aferente serviciilor interne sau eventualului consumator local, luîndu-se în considerare variaţia parametrilor acestora în funcţie de alunecare. Rezultatele obţinute prin rularea programului de calcul pun astfel în evidenţă comportarea motoarelor asincrone şi posibilitatea de autopornire, cu implicaţii directe asupra menţinerii în funcţiune a generatoarelor.

* Alexandru Selischi este conferenţiar la I.P.B., catedra Centrale electrice şi energetică industrială, iar Călin Mucichescu este inginer principal la Laboratorul de centrale electrice al aceleiaşi catedre.

1. Determinarea regimului staţionar

Pentru precizarea ideilor, se consideră schema din figura 1, tipică pentru alimentarea serviciilor interne la grupurile de mare putere din ţara noastră.

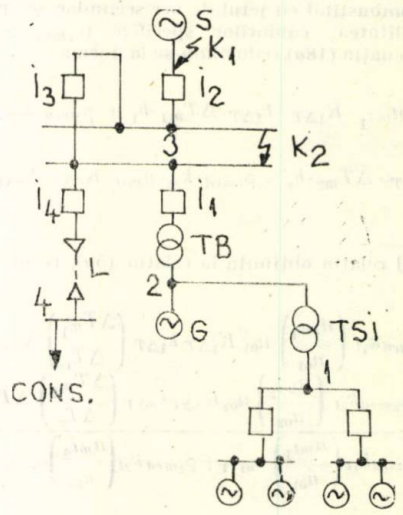


Fig. 1

Determinarea regimului reţelei la un moment dat se face pe baza schemei din figura 2, în care sistemul, generatorul, serviciile interne şi consumatorul complex au fost reprezentate prin injectoare de curent şi admitanţele corespunzătoare. Sistemul de ecuaţii nodale care defineşte regimul staţionar, este:

$$\begin{bmatrix} \underline{Y}_{11} & -\underline{Y}_{12} & 0 & 0 \\ -\underline{Y}_{12} & \underline{Y}_{22} & -\underline{Y}_{23} & 0 \\ 0 & -\underline{Y}_{23} & \underline{Y}_{33} & -\underline{Y}_{24} \\ 0 & 0 & -\underline{Y}_{24} & \underline{Y}_{44} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \underline{U}_1 \\ \underline{U}_2 \\ \underline{U}_3 \\ \underline{U}_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \underline{C}_1 \\ \underline{C}_2 \\ \underline{C}_3 \\ \underline{C}_4 \end{bmatrix} \quad (1)$$

în care:

$$\underline{Y}_{11} = \underline{Y}_{10} + \underline{Y}_{12}; \quad \underline{Y}_{22} = \underline{Y}_{20} + \underline{Y}_{12} + \underline{Y}_{23}$$

$$\underline{Y}_{33} = \underline{Y}_{30} + \underline{Y}_{23} + \underline{Y}_{24}; \quad \underline{Y}_{44} = \underline{Y}_{40} + \underline{Y}_{24}$$

Rezolvarea acestui sistem, precum şi determinarea mărimilor care definesc regimul iniţial al ansamblului, presupune ca, în afara cunoaşterii parametrilor electrici constructivi ai elementelor, să fie precizate următoarele date:

— puterea activă şi reactivă debitată de generator;

— puterea activă și reactivă consumată de consumatorul complex ;

— încărcarea fiecărui motor asincron al serviciilor interne ;

— tensiunea pe barele de servicii interne ($\underline{U}_1$), al cărui vector constituie originea de fază a întregului sistem.

2. Calculul regimului tranzitoriu

Evoluția sistemului succesivă unei perturbații oarecare (de exemplu, scurtcircuit în punctul K_1 sau K_2) este descrisă de următorul sistem de ecuații diferențiale de ordinul întîi :

a. *Generatorul sincron*

$$T_{d0}\frac{de'_q}{dt} = e_f + \frac{x_d - x''_d}{x'_d - x''_d}e'_q + \frac{x_d - x'_d}{x'_d - x''_d}e''_q$$

$$T''_{d0}\frac{de''_q}{dt} = e'_q - \frac{x'_d}{x''_d}e''_q + \frac{x'_d - x''_d}{x''_d}u_q$$

$$T''_{q0}\frac{de''_d}{dt} = -\frac{x_q}{x''_q}e''_d + \frac{x_d - x''_d}{x''_q}u_d \qquad (2)$$

Observație. S-a considerat pentru regulatorul de excitație o funcție de transfer de forma :

$$Y_{Rex}(s) = \frac{K_{Rex}(T_d s + 1)}{(T_{r_1}s + 1)\,T_{r_2}s + 1)}$$

constantele A și B din ecuațiile de mai sus fiind date de :

$$A = \frac{K_{Rex}(T_{r_1} - T_d)}{T_{r_1} - T_{r_2}}, \quad B = \frac{K_{Rex}(T_{r_2} - T_d)}{T_{r_2} - T_{r_1}}$$

c. *Sistemul de reglare a turației* :

$$\tau\frac{d\Delta T}{dt} + \sigma\Delta T = -\omega \qquad (4)$$

$$T = T_0 + \Delta T, \quad 0 \leqslant T \leqslant T_M$$

Observație. S-a considerat pentru sistemul de reglare a turației o funcție de transfer de forma :

$$Y_{RV}(s) = \frac{1}{\tau s + \sigma}$$

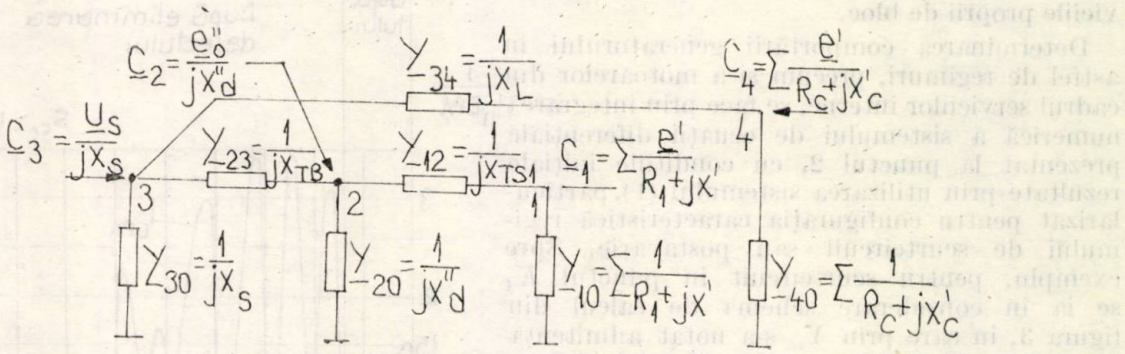


Fig. 2

$$H\frac{d\omega}{dt} + D\omega = T_R - P_G$$

$$\frac{d\delta}{dt} = \omega_0\omega$$

b. *Sistemul de reglare a excitației* :

$$T_{r_1}\frac{d\Delta e_1}{dt} + \Delta e_1 = A(U_0 - U_G)$$

$$T_{r_2}\frac{d\Delta e_2}{dt} + \Delta e_2 = B(U_0 - U_G)$$

$$e = e_0 + \Delta e_1 + \Delta e_2 ; \; e_m \leqslant e \leqslant e_M \qquad (3)$$

$$T_e\frac{de_f}{dt} + e_f = K_e \cdot e$$

d. *Motoare asincrone și consumator complex* :

$$T_0\frac{de'_d}{dt} = -s\,\omega\,T_0\,e'_q - e'_d +$$

$$+\frac{X_1 - X'}{R_1^2 + X'^2}[(U_{d_1} - e'_d)X' + (U_{q_1} - e'_q)R_1]$$

$$T_0\frac{de'_q}{dt} = s\,\omega\,T_0\,e'_d - e'_q - \qquad (5)$$

$$-\frac{X_1 - X'}{R_1^2 + X'^2}[(U_{d_1} - e'_d)R_1 + (U_{q_1} - e'_q)X']$$

$$T_j\frac{ds}{dt} = M_{*r} - M_{*e},$$

în care :

$$M_{*e} = \frac{P_e}{P_n} \text{ și } P_e = R_e\,(\underline{e}'^{*}\,\underline{i}_1)$$

3. Programul de calcul și modul de utilizare

Relativ la schema prezentată în figura 1, scurtcircuitele produse în punctele K_1 sau K_2 pot conduce la următoarele situații :

a. *Scurtcircuit în punctul* K_1 :

a.1. Scurtcircuitul este eliminat prin declanșarea întreruptorului I_2, în treapta I a protecției. În acest caz este pusă în discuție posibilitatea reaprinderii în sincronism a generatorului.

a.2. Ca urmare a refuzului de declanșare al întreruptorului I_2, defectul este eliminat prin cupla transversală I_3 în treapta a II-a a protecției. În acest caz generatorul este separat de sistem și trece în funcționare insulară, rămînînd încărcat cu sarcina oferită de consumator și serviciile proprii de bloc.

b. *Scurtcircuitul în punctul* K_2, caz în care are loc insularizarea generatorului numai pe serviciile proprii de bloc.

Determinarea comportării generatorului în astfel de regimuri, precum și a motoarelor din cadrul serviciilor interne, se face prin integrarea numerică a sistemului de ecuații diferențiale prezentat la punctul 2, cu condițiile inițiale rezultate prin utilizarea sistemului (1), particularizat pentru configurația caracteristică regimului de scurtcircuit sau postavarie. Spre exemplu, pentru scurtcircuit în punctul K_1 se ia în considerare schema de calcul din figura 3, în care prin Y_{sc} s-a notat admitența de scurtcircuit dintre punctul 3 și locul de defect.

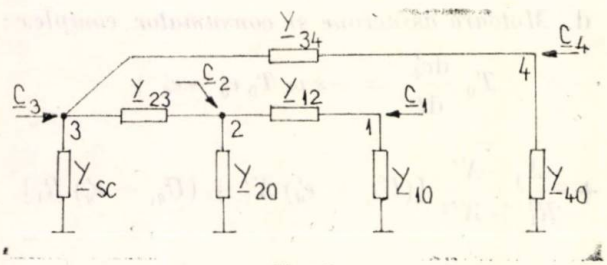


Fig. 3

Pentru regimul postavarie, în sensul precizărilor făcute la punctul a.1., se revine la schema de calcul de regim normal (fig. 2), considerînd parametrii caracteristici ai sistemului corespunzători noii legături dintre acesta și generator.

Dacă se consideră situația prezentată la punctul a.2., se utilizează schema din figura 4, rezultată prin eliminarea legăturii cu sistemul.

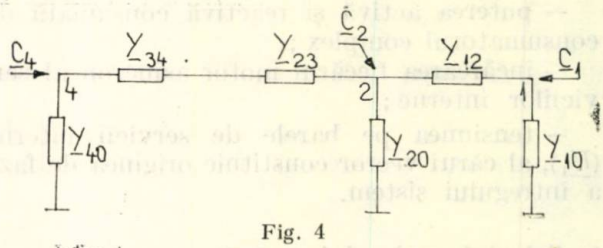


Fig. 4

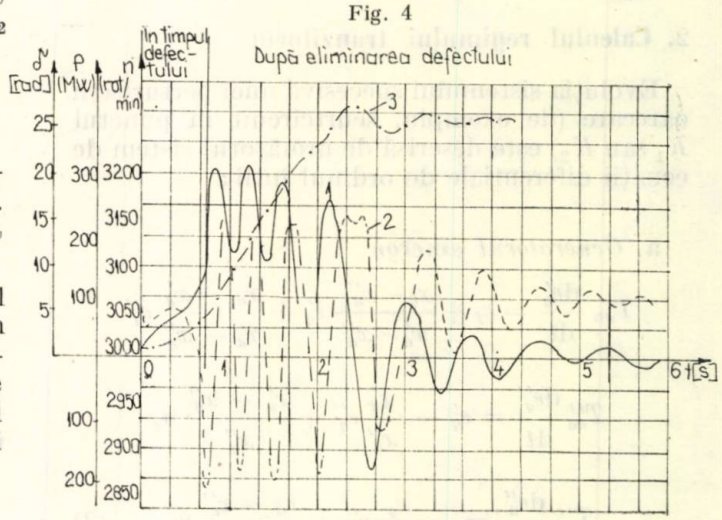


Fig. 5

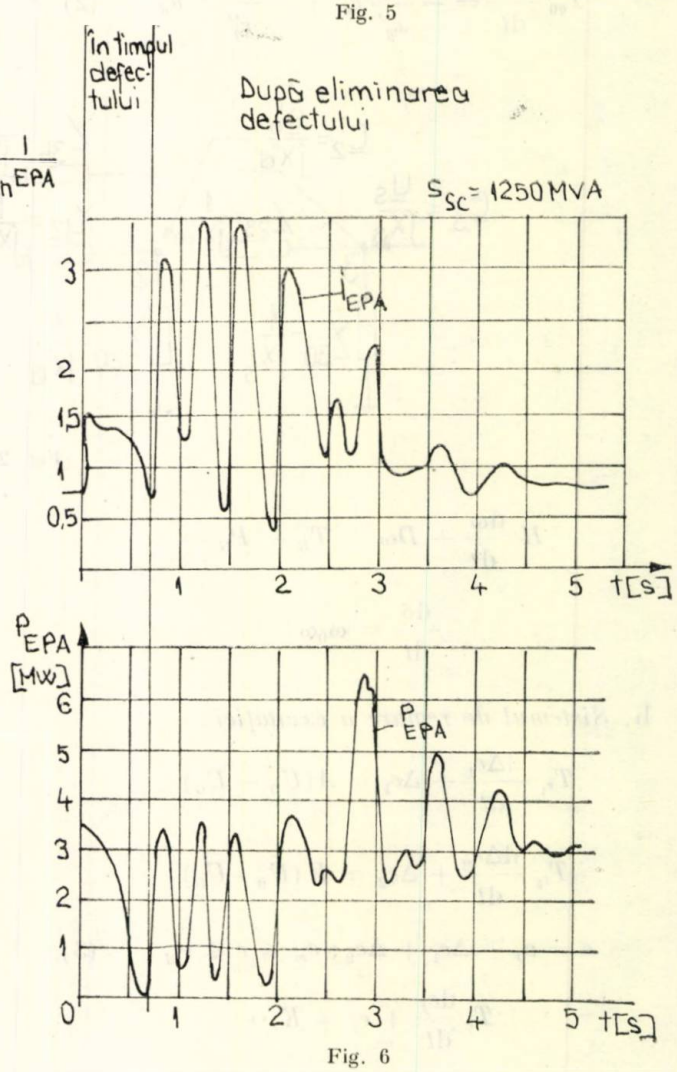


Fig. 6

În privința rezolvării numerice a sistemului de ecuații diferențiale care descriu regimul tranzitoriu, se impun următoarele precizări:

— în cursul unui pas de integrare, se consideră constante mărimile e_q'', e_d'' și δ pentru generatorul sincron, e' și s pentru motoarele asincrone aparținînd serviciilor interne și consumatorului complex, precum și tensiunile nodurilor și puterea generată și consumată în cadrul rețelei;

— dacă la sfîrșitul unui pas de integrare apare o modificare a configurației rețelei, se consideră matricea de admitanțe corespunzătoare, determinîndu-se un nou regim al rețelei.

Pe baza celor de mai sus și a modelului matematic prezentat la punctul *3* s-a întocmit un program de calcul care permite determinarea regimului tranzitoriu.

4. Rezultatele obținute prin calcul

Programul a fost testat pe numeroase cazuri concrete. În cele ce urmează se prezintă rezultatele obținute pentru un caz de tipul a.1. expus la punctul 3.

S-a considerat un generator de 100 MW, avînd sarcina inițială $P_G = 100$ MW și $Q_G = 60$ MVar, scurtcircuitul produs la capătul unei linii de 17 km fiind eliminat după 0,7 s. În figura 5 se prezintă variația puterii active, a turației și a unghiului δ obținute prin calcul, considerînd puterea de scurtcircuit a sistemului pe barele de 110 kV egală cu 1250 MVA. Din diagramă se observă că în urma unui proces tranzitoriu de aproximativ 6 s, generatorul reintră în regim staționar, resincronizarea reușind în condițiile menționate. Pentru ilustrarea comportării serviciilor interne, în figura 6 s-a reprezentat variația curentului și a puterii active a electropompei de alimentare în cursul regimului tranzitoriu.

De menționat faptul că probele experimentale efectuate la CET Galați [3] au demonstrat o bună concordanță între rezultatele obținute prin calcul și fenomenul real.

Concluzii

Modelul matematic stabilit, precum și programul de calcul întocmit pe baza acestuia, constituie un instrument util pentru analiza regimurilor tranzitorii care pun în discuție stabilitatea dinamică a generatoarelor sincrone, fapt demonstrat prin comparația rezultatelor obținute prin calcul cu cele determinate pe cale experimentală.

Programul poate fi aplicat cu succes atît pentru investigarea șanselor de resincronizare, cît și pentru analiza procesului de trecere în funcționare insulară a generatoarelor sincrone, oferind în ambele cazuri informații asupra comportării motoarelor asincrone aferente serviciilor interne.

Bibliografie

[1] Ionescu, S., Staadecker, M. și Iosub, I. *Algoritm pentru calculul regimurilor dinamice din sistemele electroenergetice.* În: Energetica, nr. 4, 1968, p. 198—203.

[2] Selischi, Al. *Influența stabilității statice și dinamice a unui sistem electric asupra stabilității serviciilor interne ale centralelor termoelectrice de mare putere.* Teză de doctorat, I.P.B., 1975.

[3] Crețu, Gh., Velicu, S. ș.a. *Efectuarea și analiza probelor de aruncări de sarcină, de separare de sistem și de scurtcircuit la grupul de 100 MW de la CET Galați.* Studiu I.S.P.E., 1971.

(Primit la 25 februarie 1982, acceptat la 22 octombrie 1982)

Considerente privind eforturile radiale datorate dezechilibrului electromagnetic cu hidrogeneratoarele de pe Olt și soluții privind consolidarea suplimentară a lagărelor radiale

Ing. Mîrzan Emil *

Una dintre principalele deficiențe apărute în funcționarea grupurilor Kaplan de pe Olt, a constat în dereglarea, la intervale mici de timp, a jocurilor în lagărele radiale generator.

Mărirea acestor jocuri se traduce prin bătăi radiale ale arborelui generator și deci ale întregului ansamblu de părți rotitoare.

S-a constatat că aceste bătăi, odată amorsate, își măresc amplitudinea destul de rapid și conduc, în final, la imobilizarea în incident a hidroagregatului.

Personalul de exploatare a făcut de asemenea constatarea că bătăile radiale au o frecvență corespunzătoare turației și că apar numai la funcționarea cu generatorul excitat, iar amplitudinea lor este dependentă de valoarea curentului de excitație.

Avînd în vedere aceste constatări și observații, care pun în evidență, încă de la început, cauze de natura unui dezechilibru electromagnetic, au fost efectuate unele investigații și calcule privind eforturile radiale, apărute ca urmare a unor dezaxări mecanice ale coroanei polare.

Fenomenele prezentate s-au manifestat la mai multe hidrogeneratoare de pe Olt și Lotru. Pentru măsurători și investigații, s-a ales hidrogeneratorul nr. 2 de la CHE Rm. Vîlcea, la care dereglările jocurilor și bătăile radiale au fost mai frecvente și semnificative. Unele aspecte particulare s-au ivit, de asemenea, în faza de montaj, la grupurile de la CHE Drăgășani, la care au fost necesare unele măsuri constructive mai radicale, privind mărirea robusteței lagărului.

Lucrarea prezintă considerațiile experimentale și analitice privind determinarea eforturilor radiale apărute în condițiile amintite mai sus, precum și soluțiile constructive și tehnologice propuse și aflate în curs de generalizare privind consolidarea suplimentară a lagărelor radiale generator de pe Olt.

1. Determinări experimentale și considerații analitice privind dezechilibrul electromagnetic

1.1. *Determinarea neuniformității inducțiilor în întrefier*

Pentru determinarea variației de inducție din întrefier B la hidrogeneratorul nr. 2 de la CHE Rm. Vîlcea au fost montate două spire în întrefier, amplasate diametral, a fost excitat generatorul în gol, și s-au oscilografiat simultan tensiunile induse în aceste spire.

În figura 1 este reprezentată alura curbelor rezultate din oscilografierile respective.

Din examinarea acestora se constată că:

a) înfășurătoarea inducției din întrefier, măsurată pe fiecare spiră, are alura unei sinusoide,

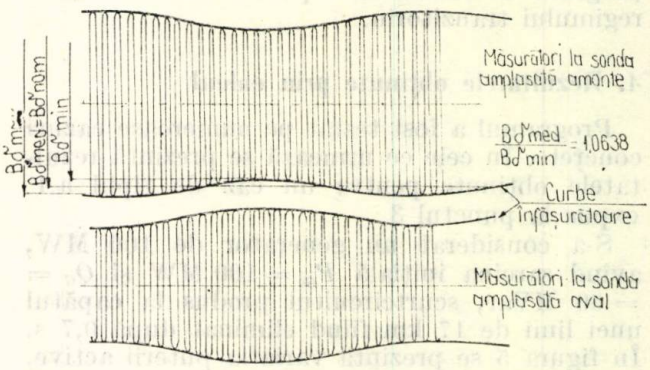


Fig. 1. Variația t.e.m. induse în întrefier, măsurată cu două spire amplasate diametral, la HG_2 — CHE Rm. Vîlcea.

cu următorii parametrii:

— amplitudinea $B_{\delta max} - B_{\delta med}$,

— frecvența corespunde turației agregatului;

b) în momentele cînd inducțiile măsurate în spira nr. 1 înregistrează valori minime, inducțiile măsurate în spira nr. 2 înregistrează valori maxime și invers (înfășurătoarele sînt simetrice);

c) conform măsurătorilor de pe oscilogramă, raportul dintre inducția maximă și cea medie înregistrată este:

$$K = \frac{B_{\delta max}}{B_{\delta med}} = 1{,}0638$$

1.2. *Considerații analitice și interpretarea rezultatelor*

1.2.1. Conform literaturii de specialitate [1], forța de atracție magnetică radială, care se exercită asupra unui pol, în cazul unui generator cu poli aparenți (fig. 2), este dată de relația:

$$F = -\left(\frac{\partial W}{\partial \delta}\right)_{(\beta_\delta = \text{const.})} = \frac{1}{2\mu_0}\alpha_i \tau L B_\delta^2[\gamma(1+\sigma) - 1], \quad (1)$$

unde:

B_δ este inducția în întrefier;

τ — pasul polar;

α_i — coeficientul de acoperire polară;

L — lungimea polului;

* Ing. Mîrzan Emil este șeful colectivului de proiectare al I. E. Rm. Vîlcea.

σ — coeficientul de scăpări al polului,

$\gamma = \frac{B_m}{B_\delta}$, în care B_m este inducția în miezul polar;

μ_0 — permeabilitatea vidului.

În ipoteza că întrefierul este perfect uniform și că circuitul magnetic este simetric, forțele radiale de atracție a polilor opuși se echilibrează și deci nu apar componente de natură electromagnetică, care să solicite lagărul radial generator.

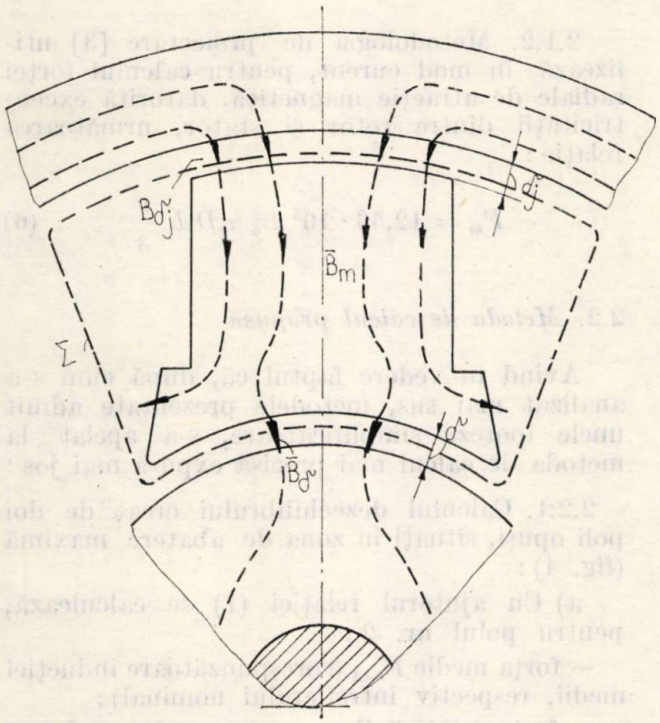


Fig. 2. Explicativă privind calculul forței de atracție radială a unui pol.

În anexa 1 se prezintă calculul forței de atracție magnetică radială a unui pol, în cazul hidrogeneratorului de la CHE Rm. Vîlcea.

1.2.2. Pe de altă parte, conform [2], relația dintre inducția în întrefier $B\delta$, la mersul în gol și numărul de amper-spire NI_{ex} al excitației generatorului este:

$$NI_{ex} = 1{,}6\, K_c\, \delta_n\, B\delta\, 10^6, \qquad (2)$$

unde:

$$K_c = \frac{t_1}{t_1 - \frac{b_c^2}{b_c + 5\delta_n}},$$

în care:

t_1 este pasul crestăturilor statorice;

b_c — lățimea crestăturii;

δ_n — întrefierul nominal.

1.2.3. Înlocuind pe $B\delta$ din ecuația (2) în ecuația (1) se deduce:

$$F = \frac{\alpha_i \tau L \cdot (N \cdot I_{ex})^2}{2\mu_0 \cdot 1{,}6^2 \cdot K_c^2 \delta_n^2 \cdot 10^{12}} [\gamma(1 + \sigma) - 1],$$

din care rezultă că forța de atracție este:

— direct proporțională cu pătratul curentului de excitație;

— invers proporțională cu pătratul întrefierului.

1.2.4. Ecuația (2) se poate scrie sub forma:

$$B_\delta = \frac{N\, I_{exc}}{1{,}6 \cdot K_c\, \delta_n \cdot 10^6}, \qquad (3)$$

din care rezultă că, la o valoare dată a curentului de excitație, inducția în întrefier variază invers proporțional cu valoarea întrefierului.

1.2.5. Interpretînd rezultatele măsurătorilor exprimate la pct. 1.1.c. și ținînd seama de ecuația (3) și de concluziile de la pct. 1.2.4., rezultă că, pentru I_{ex} = const., se poate scrie:

$$K = \frac{B\delta_{max}}{B\delta_{med}} = \frac{\delta_n}{\delta_{min}}, \qquad (4)$$

unde:

δ_n este întrefierul nominal (corespunzător unei inducții medii);

δ_{min} — întrefierul minim (corespunzător inducției $B\delta_{max}$).

1.2.6. În consecință:

a) Legea de variație a inducției în întrefier (fig. 1) este similară cu legea de variație a întrefierului, cu mențiunea că valorilor maxime ale inducției le corespund valori minime ale întrefierului.

b) Pentru CHE Rm. Vîlcea, avînd în vedere faptul că $\delta_n = 13$ mm și $K = 1{,}0638$, rezultă:

$$\delta_{min} = \frac{\delta_n}{K} = 12{,}22 \text{ mm}.$$

c) Avînd în vedere faptul că legea de variație (fig. 1) este o sinusoidă, rezultă că fenomenul se datorează unei excentricități a coroanei polare față de axa de rotație (arborele generator).

d) Rezultă excentricitatea:

$$e = \delta_n - \delta_{min} = 0{,}78 \text{ mm}$$

2. Calculul forței rezultante de atracție magnetică unilaterală

2.1. *Metode de calcul întîlnite în literatura de specialitate*

2.1.1. Pentru determinarea forței de atracție magnetică unilaterală, literatura de specialitate [1] pornește de la teorema forțelor generalizate [2], calculîndu-se mai întîi energia magnetică din întrefier.

Se presupune că întrefierul variază, conform figurii 3, după relația:

$$\delta = \delta_n + e \cos \alpha.$$

În ipoteza că se neglijează saturația și se consideră statorul perfect circular, energia mag-

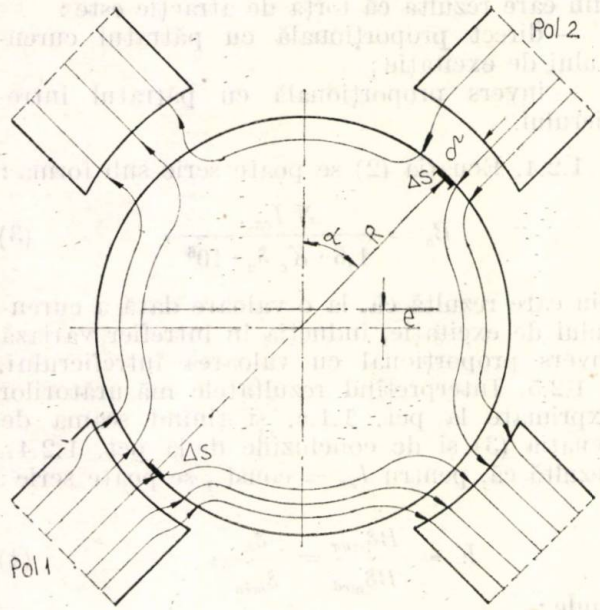


Fig. 3. Explicativă la calculul forței magnetice de atracție unilaterală, în cazul unei excentricități e a coroanei polare.

netică în două elemente de volum $\Delta V = \delta L\, \Delta S$, diametral opuse, este:

$$dW = \frac{1}{2\mu_0} L \{(\delta + e \cos \alpha) B^2_{\delta,\alpha} + [\delta + e \cos(\pi + \alpha)] B^2_{\delta,\pi+\alpha}\}. \, ds,$$

unde:

$B_{\delta,\alpha}$ este inducția corespunzătoare polului *1*;

$B_{\delta,\pi+\alpha}$ — inducția corespunzătoare polului *2* (opus).

Înlocuind $ds = R d\alpha$, rezultă:

$$dW = \frac{1}{2\mu_0} LR [\delta(B^2_{\delta,\alpha} + B^2_{\delta,\pi+\alpha}) + (B^2_{\delta,\alpha} - B^2_{\delta,\pi+\alpha}) e \cos \alpha] d\alpha$$

Aplicînd teorema forțelor generalizate [2] se obține:

$$F_{au} = \int_0^\pi -\left(\frac{\partial W}{\partial e}\right) B_\delta = \text{const} = \frac{1}{2\mu_0} LR \int_0^\pi (B^2_{\delta,\pi+\alpha} - B^2_{\delta,\alpha}) \cos \alpha \, d\alpha$$

Ținînd seama de faptul că, în conformitate cu cele prezentate la pct. 1, inducția în întrefier este

$$B_{\delta,\alpha} = B_\delta \sin p\alpha$$

și admițînd aproximațiile:

$$B^2_{\delta,\pi+\alpha} - B^2_{\delta,\alpha} \simeq \frac{4e}{\delta} B^2_{\delta,\alpha} \cos \alpha$$

și

$$B_{\delta,\pi+\alpha} - B_{\delta,\alpha} = 2B_{\delta,\alpha} \frac{e}{\delta} \cos \alpha$$

se deduce:

$$F_{au} = \frac{1}{2\mu_0} \frac{D}{2} L \int_0^\pi 4 \frac{e}{\delta} B^2_\delta \cos \alpha \sin^2 p\alpha \, d\alpha$$

din care rezultă, în final, forța magnetică de atracție unilaterală.

$$F_{au} = \frac{1}{4\mu_0} \pi DL \frac{e}{\delta} \cdot B^2_\delta \qquad (5)$$

2.1.2. Metodologia de proiectare [3] utilizează în mod curent, pentru calculul forței radiale de atracție magnetică, datorită excentricității dintre rotor și stator, următoarea relație:

$$F_m = 12{,}56 \cdot 10^5 B^2_\delta \alpha_i D L \frac{e}{\delta} \qquad (6)$$

2.2. *Metoda de calcul propusă*

Avînd în vedere faptul că, după cum s-a analizat mai sus, metodele prezentate admit unele ipoteze simplificatoare, s-a apelat la metoda de calcul mai precisă expusă mai jos:

2.2.1. Calculul dezechilibrului creat de doi poli opuși, situați în zona de abatere maximă (fig. 4):

a) Cu ajutorul relației (1) se calculează, pentru polul nr. 2:

— forța medie F_{med} (corespunzătoare inducției medii, respectiv întrefierului nominal);

— forța minimă F_{min} (corespunzătoare întrefierului maxim, conform situației din figură);

— micșorarea forței, datoritată dezaxării:

$$\Delta F = F_{med} - F_{min}$$

b) La fel, pentru polul nr. 1 (fig. 4) se determină:

— F_{med} (identică cu pct. a),

— F_{max} (corespunzătoare întrefierului minim):

— majorarea forței de atracție

$$\Delta F = F_{max} - F_{med}$$

c) Avînd în vedere faptul că avem de-a face cu o dezaxare, rezultă dezechilibrul maxim de forțe, creat de doi poli opuși

$$dF = 2\Delta F = 2 (F_{med} - F_{min}) \qquad (7)$$

2.2.2. Calculul dezechilibrului creat de polii situați pe întreaga coroană polară, dezaxată cu excentricitatea e.

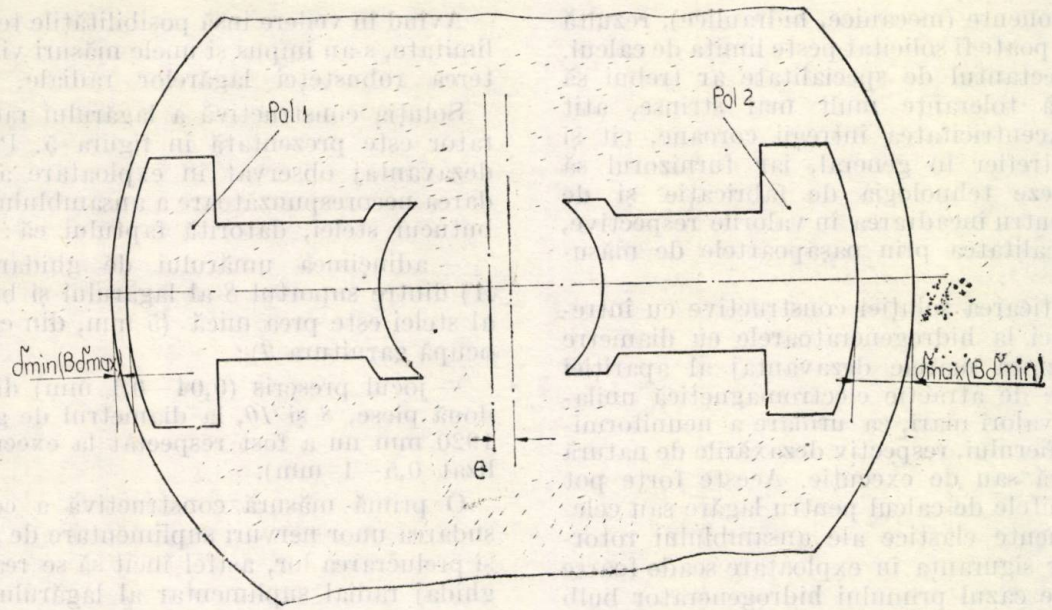


Fig. 4. Explicativă privind calculul forței rezultante datorată dezechilibrului electromagnetic creat de doi poli opuși, dezaxați cu excentricitatea e față de axa statorului.

a) Similar cu fenomenul prezentat mai sus, pentru o pereche de poli opuși oarecare, p_n (fig. 4), forța de dezechilibru va fi :

$$dF_n = 2\Delta F = 2\,(F_{med} - F_n), \qquad (8)$$

unde :

F_n este forța corespunzătoare unui întrefier oarecare δ_n (respectiv unei inducții $B\delta_n$).

Notînd cu $K_n = \frac{B_{\delta med}}{B_{\delta n}}$ și ținînd seama de relațiile dintre inducții și întrefier, prezentate la pct. 1.2.5., precum și de variația sinusoidală a excentricității, în anexa 2 s-a determinat dezechilibrul corespunzător perechii de poli opuși p_n, astfel :

$$dF_n = \frac{1}{\mu_0}\,\alpha_i \cdot \tau \cdot L[\gamma(1+\sigma)-1)]\,B^2_{\delta med} \times$$

$$\times \left[1 - \frac{1}{\left(1 + \frac{e}{\delta}\sin\,\alpha_n\right)^2}\right], \qquad (9)$$

unde :

α_n este unghiul corespunzător perechii de poli p_n ;

e — excentricitatea ;

δ — întrefierul nominal.

b) Conform detaliilor expuse în anexa 2, prin însumarea dezechilibrului dat de fiecare pereche de poli rezultă, în final, următoarea relație pentru forța rezultantă :

$$F_d = \frac{1}{\mu_0}\,\alpha_i \tau L\, B^2_{\delta med}[\gamma\,(1+\sigma)-1]\times$$

$$\times \left[p - \sum_{n=1}^{n=p} \frac{1}{\left(1 + \frac{e}{\delta}\sin\,\alpha_n\right)^2}\right] \qquad (10)$$

Se remarcă faptul că metoda de calcul propusă, conform relației (10), este mai precisă, întrucît la stabilirea ei nu s-a recurs la nici un fel de aproximații.

3. Concluzii asupra solicitărilor

a) În anexa 3 sînt calculate forțele care reprezintă dezechilibrul electromagnetic, pentru cazul studiat, utilizînd cele trei metode expuse mai sus.

b) La generatorul analizat, care prezintă o excentricitate $e = 0{,}78$ mm, la un întrefier nominal de 13 mm, valorile calculate cu metodele clasice (ecuațiile 5 și 6 care admit unele aproximații) sînt sensibil inferioare celor calculate cu metoda propusă (ecuația 10).

c) Forța calculată cu relația (10), pentru mersul în gol al generatorului, este :

$$F = 35437 \text{ daN}.$$

d) Pentru mersul în sarcină cu generatorul încărcat la cos φ_N, căreia îi corespunde o inducție în întrefier majorată cu coeficientul $K_n = 1{,}061$, valoarea forței devine :

$$F \simeq 40 \text{ tf}.$$

e) Forța de atracție, calculată pentru diversele regimuri de excitație ale mașinii, reprezintă fizic o rezultantă radială rotitoare cu frecvența corespunzătoare turației agregatului ($n = 100$ rot/min).

Din fișa de calcul elaborată de proiectantul de specialitate rezultă că valoarea acestei forțe se apropie de limita de calcul privind dimensionarea lagărului radial-generator.

f) Dacă la dezechilibrul electromagnetic calculat mai sus, se mai adaugă în exploatare și

alte componente (mecanice, hidraulice), rezultă că lagărul poate fi solicitat peste limita de calcul.

g) Proiectantul de specialitate ar trebui să stabilească toleranţe mult mai strînse, atît pentru excentricitatea întregii coroane, cît şi pentru întrefier în general, iar furnizorul să perfecţioneze tehnologia de fabricaţie şi de montaj pentru încadrarea în valorile respective, atestînd calitatea prin paşapoartele de măsurători.

h) Practicarea soluţiei constructive cu întrefieruri mici la hidrogeneratoarele cu diametre mari prezintă marele dezavantaj al apariţiei unor forţe de atracţie electromagnetică unilaterală de valori mari, ca urmare a neuniformităţii întrefierului, respectiv dezaxările de natură tehnologică sau de execuţie. Aceste forţe pot depăşi limitele de calcul pentru lagăre sau celelalte elemente elastice ale ansamblului rotor-stator, iar siguranţa în exploatare scade foarte mult. Este cazul primului hidrogenerator bulb de la CHE Slatina, prevăzut cu întrefier nominal de 5,5 mm, care s-a dovedit nesigur în exploatare şi care va forma obiectul unor studii separate.

4. Observaţii cu privire la soluţia constructivă şi comportarea lagărului radial-generator şi măsuri propuse pentru îmbunătăţirea funcţionării

Este evident că prima măsură care se impune este eliminarea cauzelor, adică a excentricităţilor şi a neuniformităţii întrefierului.

Avînd în vedere însă posibilităţile tehnologice limitate, s-au impus şi unele măsuri vizînd creşterea robusteţei lagărelor radiale.

Soluţia constructivă a lagărului radial-generator este prezentată în figura 5. Principalul dezavantaj observat în exploatare a fost ghidarea necorespunzătoare a ansamblului lagăr pe butucul stelei, datorită faptului că:

— adîncimea umărului de ghidare (detaliul *A*) dintre suportul *8* al lagărului şi butucul *10* al stelei este prea mică (5 mm, din care 3 mm ocupă garnitura *9*);

— jocul prescris (0,04—0,1 mm) dintre cele două piese, *8* şi *10*, la diametrul de ghidare Ø 1920 mm nu a fost respectat la execuţie (realizat 0,5—1 mm).

O primă măsură constructivă a constat în sudarea unor nervuri suplimentare de ghidare *7* şi prelucrarea lor, astfel încît să se realizeze un ghidaj radial suplimentar al lagărului faţă de butucul stelei.

A fost mărită, de asemenea, adîncimea umărului de ghidare la 10 mm, iar la grupurile cu jocuri mari a fost încărcată cu sudură periferia umărului respectiv şi reprelucrată la toleranţele din proiect.

Măsurile respective sînt în curs de generalizare la toate grupurile Kaplan de pe Olt.

La CHE Drăgăşani a fost necesară şi o redimensionare a lagărului în sensul;

— măririi numărului segmenţilor radiali *1* de la 6 la 8 buc.;

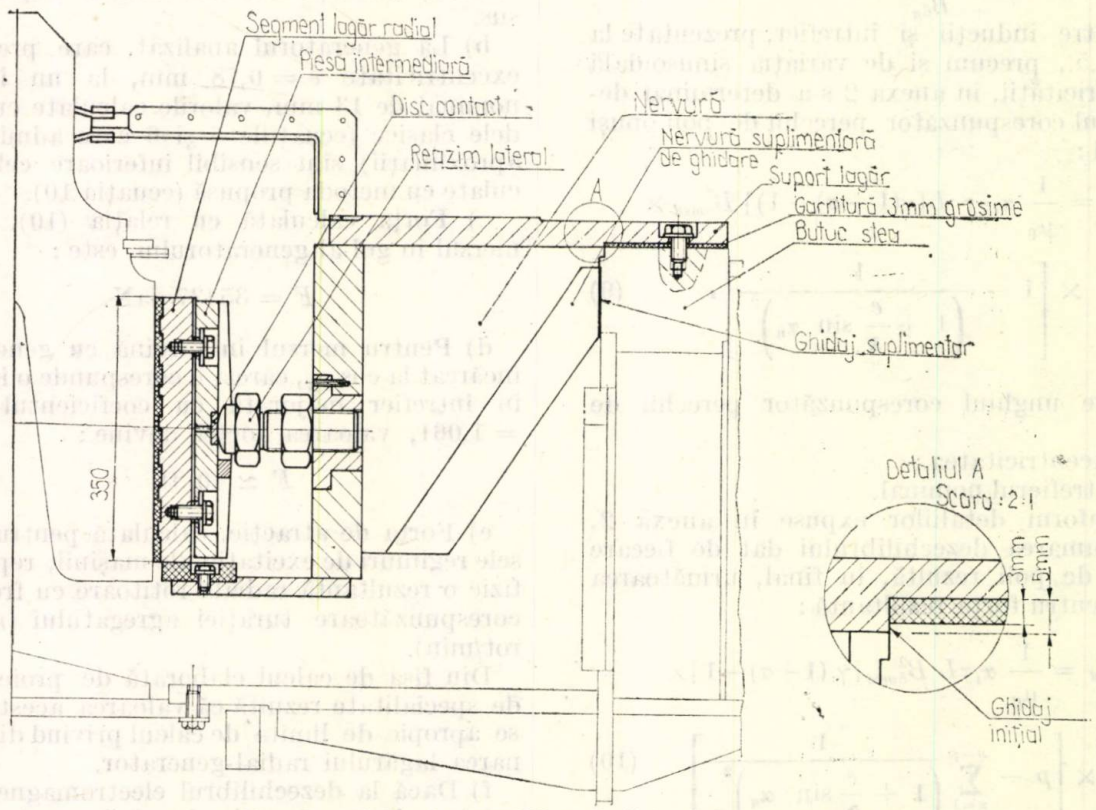


Fig. 5. Soluţii de consolidare lagăr radial — generator.

— măririi dimensiunii reazimelor radiale 4 de la Ø 56 la Ø 85 mm.

Se urmăreşte ca, la noile generatoare, această nouă soluţie constructivă să fie generalizată.

ANEXA 1

Calculul forţei radiale de atracţie electromagnetică a unui pol, în cazul hidrogeneratorului de la CHE Rm. Vîlcea

1. *La mersul în gol*

a) Inducţia în întrefier :

$$B_{\delta_0} = \frac{\Phi_0}{S\delta}, \tag{1.1}$$

unde :

$S\delta$ este suprafaţa tălpii polare ;

$$\Phi_0 = K_f \Phi_{10}, \tag{1.2}$$

în care :

K_f este factor de formă ; $K_f = 1{,}01$;

Φ_{10} — armonica fundamentală a fluxului de excitaţie.

$$\Phi_{10} = \frac{U_{1f}}{4{,}44\, f W_1 \xi_1}, \tag{1.3}$$

unde :

U_{1f} este tensiunea de fază ; $U_{1f} = \dfrac{10\,500}{\sqrt{3}} = 6\,062$ V ;

f — frecvenţa ; $f = 50$ Hz ;

W_1 — numărul de spire pe fază ; $W_1 = 132$;

ξ_1 — factor de înfăşurare ; $\xi_1 = \xi_{z1} \cdot \xi_{s1}$,

în care :

ξ_{z1} este factor de zonă ; $\xi_{z1} = \dfrac{\sin 30°}{q \sin \dfrac{30°}{q}}$;

în care :

q este numărul crestăturilor pe pol. fază ; $q = \dfrac{N1}{2\,pm}$;

ξ_{s1} — factor scurtare ; $\xi_{s1} = \dfrac{S}{\tau}$.

Pentru generatorul dat rezultă $\xi_1 = 0{,}91$. Înlocuind în ecuaţia (1.3), rezultă :

$$\Phi_{10} = \frac{6\,062}{4{,}44 \times 50 \times 132 \times 0{,}91} = 0{,}22733 \text{ Wb.}$$

Conform ecuaţiei (1.2), rezultă :

$$\Phi_0 = 1{,}01 \times 0{,}22733 = 0{,}2296 \text{ Wb.}$$

Suprafaţa tălpii polare :

$$S\delta = \alpha_i \cdot \tau \cdot L, \tag{1.4}$$

în care :

α este coeficient de acoperire polară ; $\alpha_i = 0{,}7$;

τ = pasul polar ; $\tau = \dfrac{\pi D}{2p} = \dfrac{\pi \times 7{,}174}{60} = 0{,}375$ m ;

L — lungimea polului ; $L = 1{,}02$ m.

Înlocuind în (1.4), rezultă :

$$S\delta = 0{,}7 \times 0{,}375 \times 1{,}02 = 0{,}26775 \text{ m}^2.$$

Revenind la ecuaţia (1.1) rezultă inducţia în întrefier :

$$B_{\delta_0} = \frac{0{,}2296}{0.26775} = 0{,}8575 \text{ T.} \tag{1.5}$$

b) Forţa radială exercitată asupra unui pol (ecuaţia 1) :

$$F = \frac{1}{2\mu_0} \alpha_i \tau \, L \, B^2_{\delta_0} [\gamma (1 + \sigma (-1] \text{ N}, \tag{1.6}$$

în care :

$$\gamma = \frac{B_m}{B_{\delta_0}},$$

B_m fiind inducţia în miezul polului ; $B_m = 1{,}45$ T.

Înlocuind, rezultă :

$$\gamma = \frac{1{,}45}{0{,}8575} = 1{,}657 ;$$

σ — coeficientul de scăpări ; $\sigma = 0{,}17$;

μ_0 — permeabilitate aer ; $\mu_0 = 4\pi 10^{-7}$.

Înlocuind în ecuaţia (1.6), rezultă :

$$F = \frac{0{,}7 \times 0{,}375 \times 1{,}02 \times 0{,}8575^2 (1{,}657 \times 1{,}17^{-1})}{2 \times 4 \times \pi 10^{-7}} =$$

$$= 7{,}357 \cdot 10^4 \text{ N.}$$

2. *La mersul în sarcină*

Conform [1], la mersul în sarcină inducţia în întrefier devine :

$$B\delta_n = K_n \, B\delta_0, \tag{1.7}$$

unde :

$$K_n = 1 + X_s \sin \varphi_n,$$

în care :

X_s este reactanţa de dispersie ; $X_s = 0{,}14$;

$$\sin \varphi_n = \sqrt{1 - \cos^2 \varphi_n} = 0{,}43589.$$

Înlocuind, rezultă :

$$K_n = 1{,}061$$

Introducînd în ecuaţia (1.7), se obţine :

$$B\delta_n = 1{,}061 \times 0{,}8575 = 0{,}91 \text{ T.}$$

Cu aceasta forţa radială devine :

$$F\delta_n = 8{,}288 \times 10^4 \text{ N.}$$

ANEXA 2

Stabilirea relaţiei de calcul pentru forţa creată de dezechilibrul electromagnetic datorat excentricităţii a coroanei polare faţă de stator (ecuaţia 10)

A) *Forţa dată de o pereche de poli opuşi oarecare* p_n

a) La capitolul 2.2.2 s-a stabilit (ecuaţia 8, fig. 4) forţa de dezechilibru pentru o pereche de poli opuşi oarecare p_n, astfel :

$$dF_n = 2 (F_{med} - F_n), \tag{2.1}$$

unde :

F_n este forţa corespunzătoare unui întrefier δ_n (căruia îi corespunde o inducţie $B\delta_n$)

b) Se notează cu :

$$K_n = \frac{B\delta_{med}}{B\delta_n} \tag{2.2}$$

c) Din ecuația (1) prezentată în textul lucrării se notează termenul care nu depinde de inducția în întrefier astfel:

$$m = \frac{1}{2\mu_0} \alpha_i \tau L [\gamma (1 + \sigma) - 1] \qquad (2.3)$$

În aceste condiții, ecuația 1 din text devine:

$$F_{med} = m \times B^2 \delta_{med} \qquad (2.4)$$

Ținînd seama de ecuația (2.4) relația (2.1) se poate scrie:

$$dF_n = 2m (B^2\delta_{med} - B^2\delta_n) = 2m B^2\delta_{med} \left(1 - \frac{1}{Kn^2}\right) \qquad (2.5)$$

unde:

$$K_n = \frac{B\delta_{med}}{B\delta_n}$$

d) Conform celor stabilite la capitolul 1, raportul inducțiilor este invers proporțional cu raportul întrefierurilor, astfel:

$$K_n = \frac{B\delta_{med}}{B\delta_n} = \frac{\delta_n}{\delta} \qquad (2.6)$$

e) Relația (2.6) se mai poate scrie:

$$\frac{K_n - 1}{1} = \frac{\delta_n - \delta}{\delta} \qquad (2.7)$$

f) Din cele prezentate la capitolul 1, cît și din figura 1 rezultă că, întrucît avem de a face cu o excentricitate e, variația de întrefier $\delta_n - \delta$ are o alură sinusoidală exprimată astfel:

$$\delta_n - \delta = e \sin \alpha_n ,$$

unde:
— indicele n aparține polului respectiv;
— α_n este unghiul geometric dintre polul p_0 (luat ca referință) și polul p_n.

g) În aceste condiții, relația (2.7) devine.

$$K_n - 1 = \frac{e}{\delta} \sin \alpha_n$$

sau:

$$K_n = 1 + \frac{e}{\delta} \sin \alpha_n \qquad (2.8)$$

h) În aceste condiții, relația (2.5) devine:

$$dF_n = 2mB^2 \delta_{med} \left[1 - \frac{1}{\left(1 + \frac{e}{\delta} \sin \alpha_n\right)^2}\right] \qquad (2.9)$$

B) *Determinarea forței rezultante (dezechilibrul electromagnetic creat de întreaga coroană polară)*

a) Conform ecuației (2.9), pentru prima pereche de poli opuși se poate scrie:

$$dF_1 = 2mB^2\delta_{med} \left[1 - \frac{1}{\left(1 + \frac{e}{\delta} \sin \alpha_1\right)^2}\right], \qquad (2.10)$$

unde:
α_1 este unghiul geometric dintre doi poli consecutivi;

$$\alpha_1 = \frac{360}{2p}.$$

b) Pentru a doua pereche de poli rezultă:

$$dF_2 = 2mB^2\delta_{med} \left[1 - \frac{1}{\left(1 + \frac{e}{\delta} \sin \alpha_2\right)^2}\right]$$

unde:

$$\alpha_2 = 2\alpha_1$$

c) Pentru perechea n de poli este valabilă ecuația (2.9).
d) Pe baza teoremei superpoziției magnetice [2], efectele celor p perechi de poli ale generatorului se obțin prin însumarea efectelor fiecărei perechi de poli opuși, rezultînd:

$$F = \Sigma dF_n = 2mB^2 \delta_{med} \left[p - \sum_{n=1}^{P} \frac{1}{\left(1 + \frac{e}{\delta} \sin \alpha_n\right)^2}\right]$$

Înlocuind pe m dat de ecuația (2.3) rezultă ecuația (10) din textul lucrării.

ANEXA 3

Calculul forțelor de atracție magnetică unilaterală (dezechilibrul electromagnetic)

— Pentru excentricitatea $e = 0{,}83$ mm.

A): *Utilizarea relațiilor clasice*

A1) Conform ecuației (5) rezultă:

$$(3.1)\ F_{an} = \frac{1}{4\mu_0} \pi\, DL \frac{e}{\delta} B_\delta^2$$

a) *Pentru mersul în gol* ($B_{\delta_0} = 0{,}8575\,T$)

$$F_{an} = \frac{\pi \times 7{,}174 \times 1{,}02 \times 0{,}00083 \times 0{,}8575^2}{4 \times 4 \times \pi \times 10^{-7} \times 0{,}13} = 21{,}5 \times 10^4 \text{ N}$$

b) *Pentru mersul în sarcină la cos* φ_N ($B_{\delta_N} = 0{,}91\,T$)

$$F_{an} = 24{,}2 \times 10^4 \text{ N}$$

A2) Conform ecuației (6) rezultă:

$$(3.2)\quad F_m = 12{,}56 \times 10^5 B_\delta^2 \alpha_i DL \frac{e}{\delta}$$

a) *Pentru mersul în gol* ($B = 0{,}8575\,T$)

$$F_m = 12{,}56 \times 10^5 \times 0{,}8575^2 \times 0{,}7 \times 7{,}174 \times \frac{0{,}00083}{0{,}013} =$$

$$= 30{,}06 \times 10^4 \text{ N}$$

b) *Pentru mersul în sarcină la cos* φ_N ($B_{\delta N} = 0{,}91\,T$)

$$F_m = 33{,}84 \times 10^4 \text{ N}$$

B): *Utilizarea metodei propuse (ecuația 10)*

$$(3.3)\quad F = \frac{1}{\mu_0} \alpha_i \tau\, L\, B_\delta^2 [\gamma(1 + \tau) -$$

$$- 1)] \left[P - \sum_{n=1}^{n=p} \frac{1}{\left(1 + \frac{e}{\delta} \sin \alpha_n\right)^2}\right]$$

Se menționează că generatorul are $2p = 60$ poli, cărora le corespunde un unghi $\alpha = 6°$ între doi poli.

B1) *Calculul termenului* $a = \sum_{1}^{30} a_n =$

$$= \sum_{n=1}^{n=30} \frac{1}{\left(1 + \frac{e}{\delta} \sin \alpha_n\right)^2}$$

— Pentru prima pereche de poli opuși ($p = 1$), respectiv $\alpha_1 = 6°$

$$a_1 = \frac{1}{(1 + 0{,}0638 \times 0{,}1045284)^2} = 0{,}986755$$

— Pentru următoarea, respectiv a doua pereche de poli opuși ($p = 2$), respectiv $\alpha_2 = 12°$:

$$a_2 = \frac{1}{(1 + 0{,}0638 \times 0{,}2 \cdot 791)^2} = 0{,}9739893$$

— În mod similar rezultă:

$a_3 = 0{,}9617058$; $a_4 = 0{,}9500531$; $a_5 = 0{,}9391279$;

$a_6 = 0{,}928963$; $a_7 = 0{,}919791$; $a_8 = 0{,}9115162$;

$a_9 = 0{,}8954066$; $a_{10} = 0{,}8980226$; $a_{11} = 0{,}8928048$;

$a_{12} = 0{,}8867802$; $a_{13} = 0{,}8859703$; $a_{14} = 0{,}8842306$;

$a_{15} = 0{,}8836495$.

$$\sum_{1}^{30} a_n = 2 \sum_{n=1}^{15} a_n = 13{,}795764 \times 2 = 27{,}591528$$

B2) Calculul forței pentru mers în gol ($B_{\delta_0} = 0{,}8575$ T) conform ecuației (3.3) rezultă:

$$F = \frac{1}{4 \times \pi \times 10^{-7}} \times 0{,}7 \times 0{,}375 \times 1{,}02 \times 0{,}8575^2 \times$$

$$\times\ 0{,}93864\ (30 - 27{,}591528) = 35{,}437 \times 10^4\ \text{N}$$

B3) Calculul forței pentru mers în sarcină la cos φ_N ($B_{\delta N} = 0{,}91$ T)

$$F = 39{,}892 \times 10^4\ N.$$

Bibliografie

[1] Bălă, V. C. *Proiectarea mașinilor electrice. Îndrumar.* Editura didactică și pedagogică, București, 1967.

[2] Preda, M. *Bazele electrotehnicii.* Vol. I. Editura didactică și pedagogică, București, 1980.

[3] Rădulet, R. și Opaschi, M. *Proiecatarea hidrogeneratoarelor și motoarelor sincrone.* Editura tehnică, București, 1980.

(Primit la 6 mai 1982, acceptat la 27 noiembrie 1982)

Schimb de experiență în exploatare

Bilanțul energiei electrice în rețelele IRE Suceava. Concluzii și propuneri

Ing. R. Sfichi, ing. V. Cefranov, ing. I. Prelipcean și ing. V. Velehorschi *

Considerații generale

Bilanțul energiei electrice în rețelele proprii întreprinderilor de rețele electrice este o lucrare care se elaborează anual, în scopul predeterminării măsurilor ce urmează a fi aplicate și urmărite, în anul următor, în vederea încadrării în consumul propriu tehnologic (c.p.t.) planificat, precum și în vederea defalcării valorii totale a acestuia, la nivel de întreprindere, pe subunități. În cele ce urmează ne vom referi la cîteva aspecte considerate ca esențiale, în legătură cu bilanțul predeterminat al IRE Suceava cu trimiteri, în mod deosebit, la anul 1982.

Așa cum este conceput, în legătură cu scopul pe care-l urmărește, bilanțul predeterminat al energiei electrice pentru întreprinderile de rețele electrice este o lucrare de sinteză, care polarizează aproape întreaga activitate ce se desfășoară în aceste întreprinderi, legate de procesul continuu de economisire și utilizare rațională a energiei în condițiile asigurării alimentării, la parametrii optimi, a tuturor categoriilor de consumatori.

* Autorii lucrează în cadrul Atelierului de Proiectare al IRE Suceava

1. Direcții principale de fundamentare a bilanțului

Avînd, așa cum s-a arătat, un caracter de bilanț predeterminat, bilanțul energiei electrice în rețelele de transport și distribuție ale unei IRE, se execută, de regulă, la sfîrșitul unui an pentru anul următor.

În prima fază a analizei se determină sporul de energie electrică a anului următor, în vederea preluării dezvoltărilor sau a noilor consumatori pe categorii de consum și la nivel de centre, secții și total IRE; după aceea se suprapune acest spor peste consumul existent și se vehiculează astfel consumul total de energie prin rețelele existente, determinîndu-se consecințele (depășiri de capacități nominale, capacități economice, nivel de tensiuni etc.) reflectate și cuantificate în valoarea c.p.t. ce s-ar realiza în ipoteza că rețelele ar rămîne aceleași și în anul următor, fără a se adopta nici o măsură suplimentară.

Urmează inventarierea tuturor lucrărilor și acțiunilor care, finalizate, duc la reducerea c.p.t. tehnic în rețele cu determinarea efectelor, prin comparare cu situația în care aceste acțiuni nu s-ar realiza, la nivel de centre, secții și, prin urmare, la nivel de IRE.

În această etapă a analizei se calculează c.p.t. rezultat ca urmare a aplicării acestor măsuri cu caracter tehnic și se compară cu cifra c.p.t. impusă prin plan, valoare care este, fără excepție, mai mică.

În aceste condiții, în etapa următoare are loc evaluarea, ținînd seama de rezultatul precedent, a efortului minim, ce trebuie realizat la nivel de întreprindere, pentru reducerea c.p.t. ca urmare a erorilor de măsură și facturare a energiei, urmărind încadrarea în c.p.t. planificat.

În sfîrșit, se defalcă acest c.p.t. pe secții și centre, funcție de anumite criterii legate de realizările anilor precedenți, volumul de instalații, gradul de încărcare al acestora, structura consumului de energie, volumul lucrărilor noi ce urmează a fi executate în zonă etc.

Avîndu-se în vedere succesiunea calculelor, rezultatele unei etape de calcul constituie date de intrare pentru etapa următoare.

Aceasta a făcut posibilă întocmirea unui algoritm de calcul, relativ simplu, programat pe un calculator de tipul CORAL 4011 A, din dotarea sistemului de teleconducere al IRE Suceava.

3. Analiza principalelor măsuri pentru încadrarea în c.p.t. planificat

Inventarierea și analiza măsurilor care asigură încadrarea în c.p.t. planificat s-au efectuat considerînd, în principiu, trei categorii mari de măsuri, prezentate în cele ce urmează.

a) *Lucrări de investiții în rețele*, care constau în reconstrucții linii de joasă și medie tensiune de secțiune mărită, trifazarea și echilibrarea încărcării fazelor în rețeaua de joasă tensiune, noi puncte de injecție 110 kV/MT sau MT/JT, trecerea la tensiuni superioare etc. Prin comparație, la această categorie de măsuri, ponderea cea mai importantă o au lucrările de trecere la tensiuni superioare, urmate de realizarea noilor puncte de injecție și, respectiv, reconstrucția liniilor de secțiune mărită a conductoarelor.

În aceste condiții se poate aprecia că, pe măsura finalizării lucrărilor de trecere la 20 kV a rețelelor de medie tensiune urbane, ponderea măsurilor care au la bază fonduri de investiții va înregistra o ușoară scădere.

b) *Optimizarea regimurilor de funcționare*, în special în rețelele electrice de transport constituie o importantă măsură în vederea reducerii c.p.t. Analiza critică a situației existente în rețelele IRE Suceava a evidențiat o serie de posibilități majore de optimizare referitoare, în principal, la nivelul de compensare a puterii și energiei reactive în stațiile de 110 kV/MT, optimizarea nivelului de tensiuni în nodurile reglate (asigurîndu-se astfel o circulație corespunzătoare a puterii reactive) și optimizarea circulației de puteri active prin debuclări.

Cu privire la aceste aspecte, pentru zona IRE Suceava, se pot face următoarele aprecieri critice :

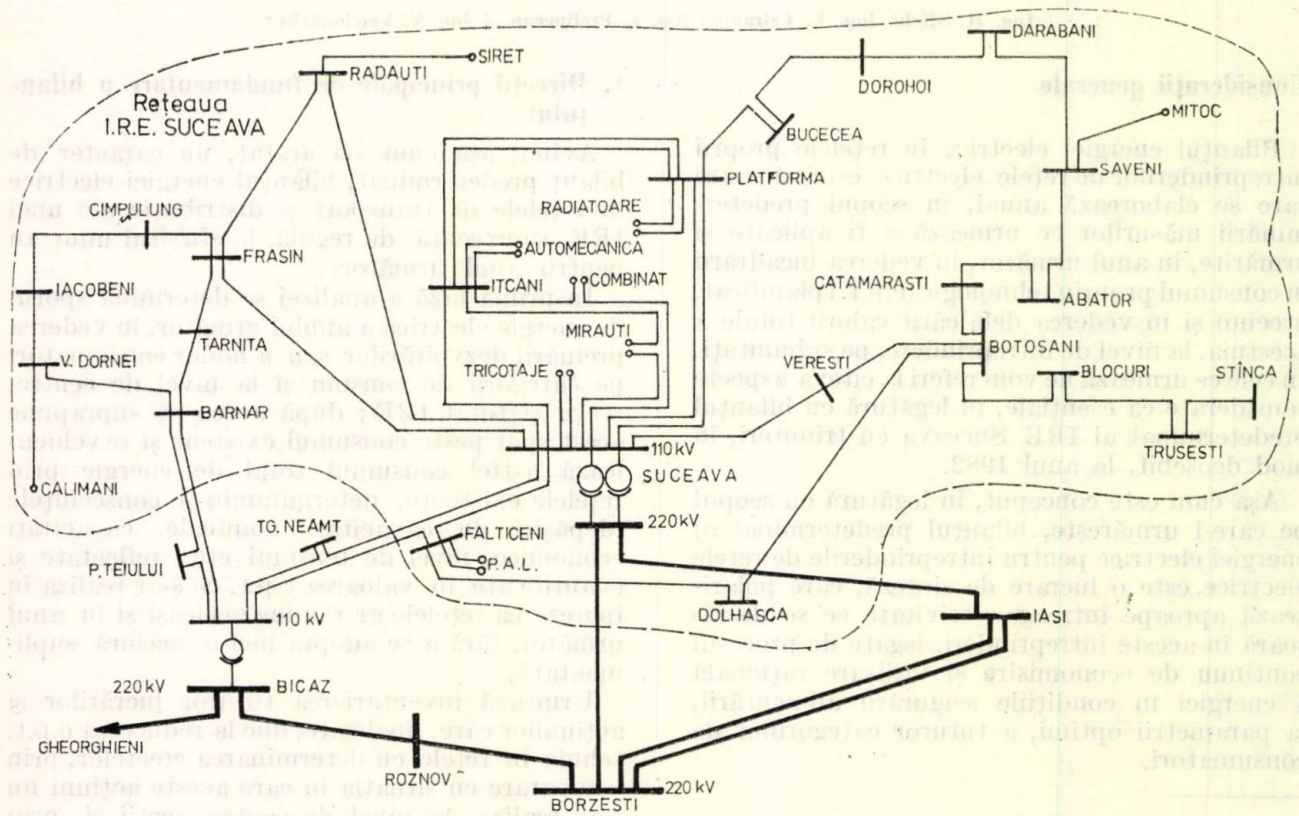


Fig. 1. Încadrarea rețelei I.R.E. Suceava în sistemul Moldova.

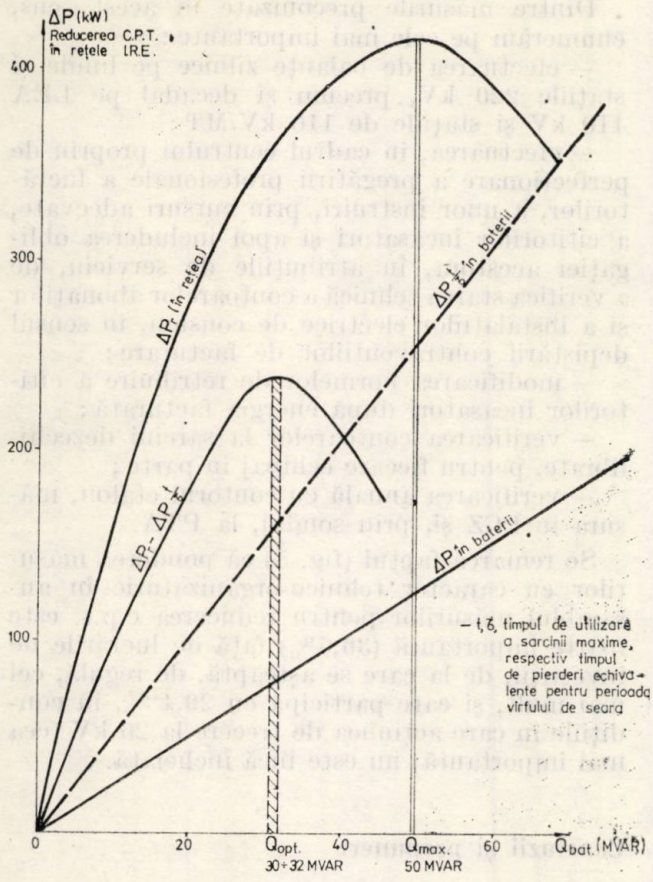


Fig. 2. Optimizarea nivelului de compensare la vîrf de seară.

— deși alimentarea din sistemul energetic național (SEN) a zonei IRE Suceava, prezintă o puternică legătură la 220 kV (fig. 1) aportul pe circuitele de 110 kV din stația Bicaz depășește 50% din puterea maximă absorbită simultan;

— nodul de tensiune reglată la 110 kV Suceava, dispune de posibilități largi de reglaj, în special prin prezența compensatorului sincron, dar tensiunea de serviciu depășește rareori 117 kV;

— la o putere reactivă maximă absorbită de circa 75—80 MVar, se funcționează cu circa 50 MVar în funcțiune.

Analizîndu-se variația pierderilor de putere activă în rețelele IRE Suceava la vîrful de sarcină funcție de puterea bateriilor de condensatoare, montate în stațiile de transformare, se constată (fig. 2) că reducerea de c.p.t. maximă se obține pentru 50 MVar, fără a se lua în considerare pierderile în baterii.

Considerînd aceste pierderi în dielectricul bateriilor de condensatoare, nivelul optim se deplasează spre o putere mai mică de 30—32 MVar pentru vîrful de seară, ajungîndu-se la 25 MVar pentru vîrful de dimineață și numai la 14 MVar pentru golul de noapte (fig. 3).

În figura 3 sînt prezentate variațiile c.p.t. pentru o zi, funcție de diferite capacități de compensare în funcțiune. Se remarcă faptul că față de compensarea optimă, menținerea în funcțiune a 50 MVar permanent (optimul rezultat fără pierderile în dielectric) asigură reducerea c.p.t. numai în perioada de vîrf de sarcină, iar menținerea permanent în funcțiune a 32 MVar (optimul real la vîrful de sarcină) duce la mărirea pierderilor în regimul golului de noapte.

Un alt aspect foarte important, analizat, este variația pierderilor în rețelele electrice ale IRE Suceava, funcție de tensiunea barei Suceava sau, simultan, și a barei Bicaz (fig. 4).

Se remarcă, și pentru această situație, existența unei valori a tensiunii de serviciu pentru care se obține reducerea maximă a c.p.t.

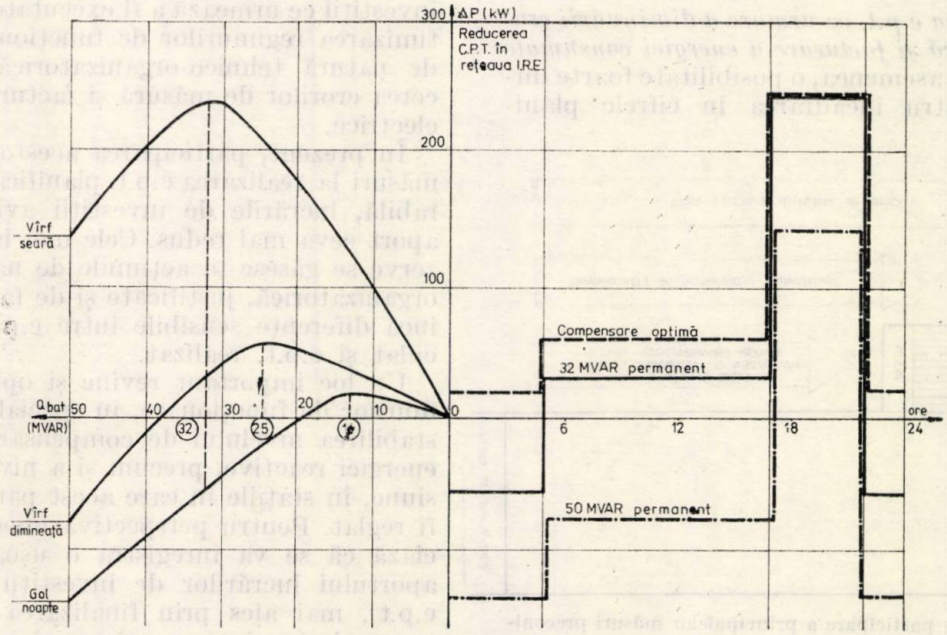


Fig. 3. Influența nivelului de compensare asupra reducerii c.p.t.

Ridicînd acest grafic pentru diferite valori ale tensiunii din stația Bicaz, se poate obține diagrama tensiunii optime într-o stație cînd tensiunea în stația cealaltă este impusă din alte considerente.

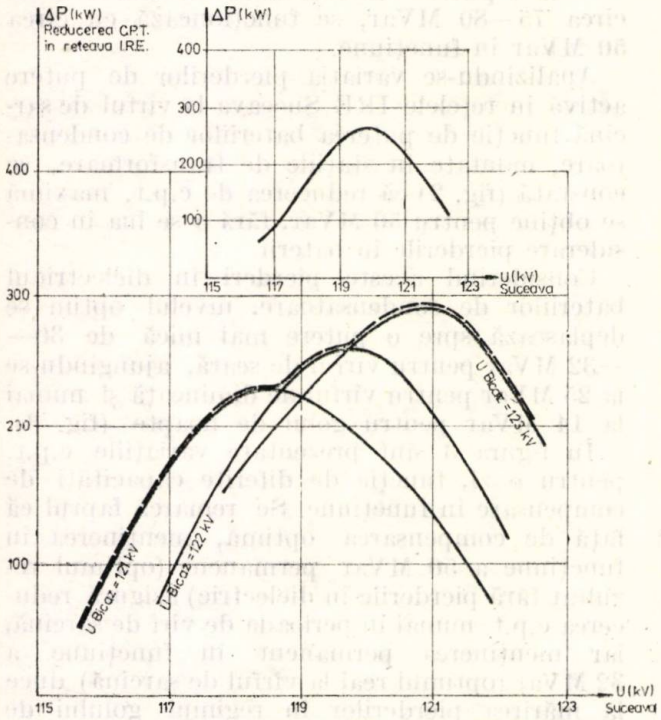


Fig. 4. Optimizarea nivelului de tensiuni în stațiile Bicaz și Suceava.

De asemenea, diagrama din figura 4 indică valorile optime ale tensiunii în cele două stații care asigură c.p.t. minim în rețelele IRE Suceava, precum și circulația minimă de putere reactivă pe circuitele 110 kV de legătură cu SEN.

c) *Reducerea c.p.t. ca urmare a diminuării erorilor de măsură și facturare a energiei consumate* reprezintă, de asemenea, o posibilitate foarte importantă pentru încadrarea în cifrele planificate.

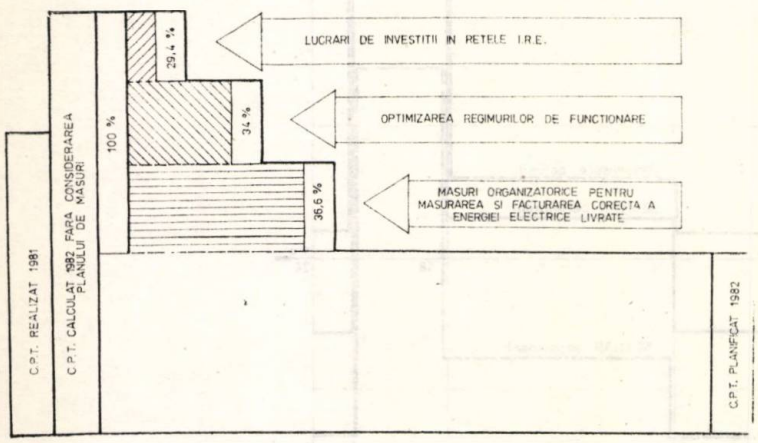


Fig. 5. Gradul de participare a principalelor măsuri preconizate pentru realizarea c.p.t. planificat.

Dintre măsurile preconizate în acest sens, enumerăm pe cele mai importante:

— efectuarea de balanțe zilnice pe liniile și stațiile 220 kV, precum și decadal pe LEA 110 kV și stațiile de 110 kV/MT;

— efectuarea, în cadrul centrului propriu de perfecționare a pregătirii profesionale a lucrătorilor, a unor instruiri, prin cursuri adecvate, a cititorilor încasatori și apoi includerea obligației acestora, în atribuțiile de serviciu, de a verifica starea tehnică a contoarelor abonaților și a instalațiilor electrice de consum, în sensul depistării contravențiilor de facturare;

— modificarea normelor de retribuire a cititorilor încasatori după energia facturată;

— verificarea contoarelor la sarcini dezechilibrate, pentru fiecare echipaj în parte;

— verificarea anuală cu contorul etalon, măsura în PCZ și, prin sondaj, la PTA.

Se remarcă faptul (fig. 5) că ponderea măsurilor cu caracter tehnico-organizatoric în ansamblul măsurilor pentru reducerea c.p.t. este foarte importantă (36,6%) față de lucrările de investiții, de la care se așteaptă, de regulă, cel mai mult, și care participă cu 29,4 %, în condițiile în care acțiunea de trecere la 20 kV (cea mai importantă) nu este încă încheiată.

Concluzii și propuneri

În lucrarea prezentată s-au analizat condițiile de efectuare a bilanțului real pentru un an în curs și bilanțul predeterminat pentru anul următor, în vederea stabilirii măsurilor și acțiunilor care, finalizate, să ducă la încadrarea în c.p.t. planificat.

Principalele măsuri preconizate a se lua au fost grupate în trei categorii, care privesc lucrările de investiții ce urmează a fi executate în rețele, optimizarea regimurilor de funcționare și acțiuni de natură tehnico-organizatorică pentru reducerea erorilor de măsură și facturare a energiei electrice.

În prezent, participarea acestor categorii de măsuri la realizarea c.p.t. planificat este comparabilă, lucrările de investiții având totuși un aport ceva mai redus. Cele mai importante rezerve se găsesc în acțiunile de natură tehnico-organizatorică, justificate și de faptul că există încă diferențe sensibile între c.p.t. tehnic calculat și c.p.t. realizat.

Un loc important revine și optimizării regimurilor de funcționare, în special cu privire la stabilirea nivelului de compensare a puterii și energiei reactive, precum și a nivelului de tensiune, în stațiile în care acest parametru poate fi reglat. Pentru perspectiva imediată se apreciază că se va înregistra o ușoară scădere a aportului lucrărilor de investiții la reducerea c.p.t., mai ales prin finalizarea lucrărilor de trecere la tensiuni superioare și, prin reducerea,

în general, a investițiilor destinate rețelelor electrice de transport și distribuție.

De asemenea, reducerea c.p.t. prin optimizarea regimurilor de funcționare trebuie privită ca o acțiune care, finalizată, duce la menținerea c.p.t. în limitele anului precedent, dar pe care nu se poate conta pentru o reducere mai accentuată față de realizările anterioare.

În sfîrșit, măsurile tehnico-organizatorice, de la care se așteaptă cel mai mult, trebuie apreciate și prin restricțiile impuse de penuria de combustibil și reducerea relativă de personal.

În acest context este interesant de subliniat modul în care se întrevede evoluția c.p.t. în rețelele de transport și distribuție ale IRE, în legătură cu care se evidențiază următoarele:

— în valori procentuale c.p.t. în rețelele electrice nu mai poate să scadă, tinzîndu-se ca și în anii trecuți, spre o stabilizare sau chiar o ușoară creștere relativă;

— sînt necesare mutații importante în conducerea operativă a sistemului energetic, în special prin introducerea teleconducerii cu ajutorul calculatoarelor de proces, asigurîndu-se astfel optimizarea regimurilor de funcționare și urmărirea gestionării energiei electrice în timp real;

— o importanță deosebită o au acțiunile, cu sau fără investiții, de reducere a consumurilor de energie la consumatori, în special prin măsuri energo-tehnologice cu efecte favorabile și asupra rețelelor de transport și distribuție;

— reducerea volumului de investiții în rețelele electrice trebuie compensată prin intensificarea efortului de realizare a noi surse de producere a energiei electrice prin valorificarea resurselor locale, cu accent pe valorificarea resurselor energetice secundare, la autoproducătorii de energie, la parametrii superiori și prin construcția de microhidrocentrale, microcentrale eoliene etc.

Invenții — Inovații*

Regulator automat pentru bobine de stingere cu reglaj continuu

(54) Regulator automat pentru bobine de stingere cu reglaj continuu
(72) Inventatori: ing. Dumitru Coca, ing. Demostene Turculeț — Suceava
(22) Data înregistrării: 07.08.1979
(45) Data publicării: 28.02.1981
(51) Int. Cl³: H 02 P 13 |00||
G 05 F 1/10
(11) Descrierea invenției 76041
(73) Titular: Intreprinderea de rețele electrice, Suceava

Invenția de față se referă la un regulator automat pentru bobine de stingere cu reglaj continuu, folosite pentru tratarea neutrului în rețelele electrice de medie tensiune.

Se cunosc sisteme de reglaj automat al bobinelor de tratare a neutrului care se bazează fie pe principiul variației amplitudinii, fie pe principiul variației fazei tensiunii de deplasare a neutrului la modificarea capacităților rețelei față de pămînt. Regulatoarele cunoscute prezintă dezavantajul că au o schemă complicată și erori de reglaj relativ mari, sau se aplică numai la bobine de tratare a neutrului de construcție specială, cu înfășurări suplimentare.

Regulatorul, conform invenției, înlătură dezavantajele arătate mai sus, prin aceea că, bazîndu-se pe principiul variației unghiului de fază a tensiunii de deplasare a neutrului în jurul valorii aproximativ constante pe care o are la rezonanță fiecare rețea, în limite foarte largi de modificare a configurației sale, în scopul reglării automate a bobinelor de stingere de construcție normală, cuprinde: un circuit de pornire a schemei format din două relee electronice direcționale, alimetate astfel încît din compunerea domeniilor lor de acționare să rezulte o zonă comună de blocaj, care să includă vectorul tensiunii de deplasare a neutrului rețelei compensate la rezonanță și să sesizeze abaterile fazei acestuia pentru a-l readuce în poziția inițială; relee pentru blocarea schemei în timpul pauzelor RAR și defectelor de rețea; un circuit de comandă a electromotorului pentru reglarea întrefierului bobinei de tratare a neutrului și un circuit pentru scoaterea din funcțiune a schemei la apariția punerilor la pămînt în rețea sau la trecerea schemei pe comandă manuală.

În continuare se dă un exemplu de realizare a invenției, ilustrat cu ajutorul figurilor 1 și 2, care reprezintă:

— figura 1, schema electrică a regulatorului automat și a instalației de tratare a neutrului rețelei electrice:

— figura 2, diagrama de funcționare a regulatorului.

Regulatorul automat, conform invenției, este alcătuit dintr-un circuit de pornire a schemei la variația fazei tensiunii de deplasare a neutrului, realizat cu două relee direcționale P1 și P2, alimentate în fază cu o tensiune U_b de la secundarul unei bobine de tratare a neutrului BTN și în antifază cu un curent de referință I_0, obținut de la un transformator de servicii interne TSI, aferent bobinei BTN, dintr-o automatică cuprinzînd două relee de timp T1 și T2, un releu intermediar I și un buton B, dintr-un circuit de comandă a unui electromotor M folosit pentru reglarea întrefierului bobinei BTN și un circuit pentru scoaterea din funcțiune a schemei, cuprinzînd un comutator C și un releu de tensiune U_h.

Releele direcționale P1 și P2 au unghiurile interne σ_1 și σ_2 diferite și zonele de lucru astfel alese încît prin compunerea lor să realizeze o zonă comună îngustă de blocaj, în care să se plaseze vectorul tensiunii de deplasare a neutrului rețelei la rezonanță, U_{b0} de fază φ_0; zonele de lucru și faza tensiunii de deplasare a neutrului se raportează într-un sistem de tensiuni trifazic fix la poziția vectorului curentului de referință I_0, practic neinfluențată de gradul de compensare al rețelei, reglabilă brut prin alegerea fazelor tensiunii de alimentare de la secundarul TSI și fin prin poziția cursorului unui reostat R_0, montat în primarul unui transformator de tensiune-curent TI°. În cazul modificării configurației rețelei electrice se modifică faza φ a tensiunii U_b de deplasare a neutrului, în timp ce faza α a curentului de referință I_0 se păstrează, ceea ce duce la acționarea unuia din cele două relee P1 sau P2, care închid contactele comandă, cu o anumită temporizare dată de releele de timp T1 și T2, alimentarea corespunzătoare electromotorului M prin unul din contactorii K1 sau K2, în vederea racordării bobinei de turnare BTN, ceea ce înseamnă aducerea vectorului U_b al tensiunii de deplasare a neutrului din pozițiile b (subcompensat) sau c (supracom-

* Rubrică întocmită de ing. C. Văideanu — ICEMENERG

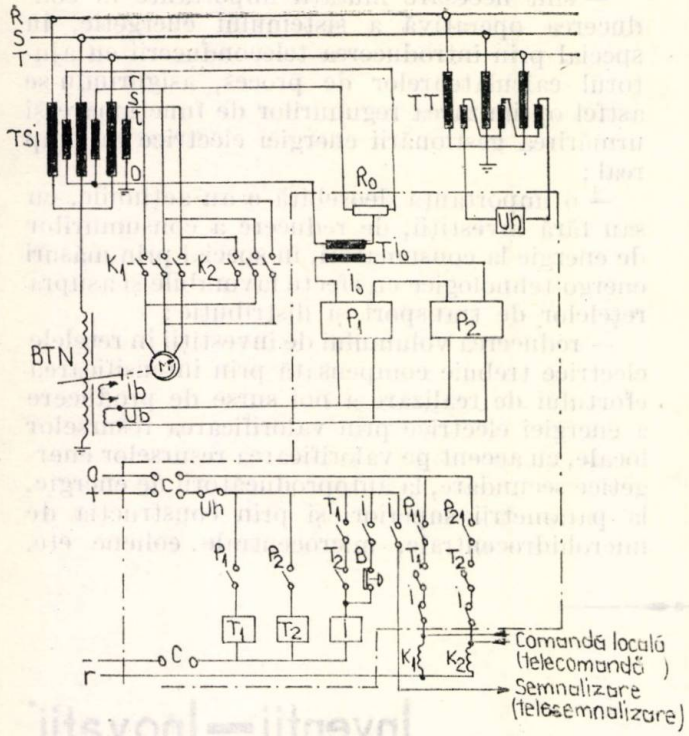


Fig. 1.

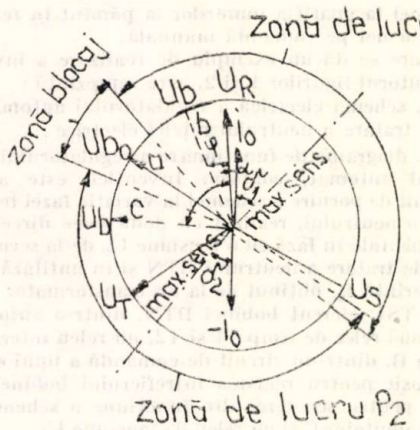


Fig. 2

pensat) într-o poziție a, corespunzătoare rezonanței ; în cazul în care se dorește funcționarea rețelei în regim supracompensat sau subcompensat, prin alegerea fazei α a curentului de referință I_0, se deplasează zona de blocaj în direcția dorită față de poziția vectorului U_{b0}.

Releul Uh, alimentat de la tensiunea homopolară, blochează funcționarea regulatorului în timpul defectelor cu pământul în rețea, iar releele de timp T1 și T2 asigură întîrzierea funcționării regulatorului pînă la dispariția fenomenelor tranzitorii cauzate de celelalte tipuri de defecte în rețea și terminarea ciclurilor RAR. Releul intermediar I asigură blocarea regulatorului în cazul închiderii simultane a contactelor releelor direcționale, în cazul nefuncționării releului Uh și în cazul altor defecțiuni posibile în circuitele regulatorului, iar butonul B permite deblocarea schemei.

Regulatorul, conform invenției, prezintă următoarele avantaje :

— se poate folosi la bobinele cu reglaj continuu pentru tratarea neutrului, de construcție normală ;

— schema de automatizare folosită permite realizarea acordului bobinei la rezonanță sau în regim ușor dezacordat supracompensat, prin reglarea poziției vectorului I_0 față de cea a vectorului U_{b0} ;

— permite întreruperea rapidă a circuitelor de comandă ale electromotorului prin utilizarea contactelor P11 și P21, ceea ce conferă o mare stabilitate schemei de reglaj automat ;

— schema are o foarte mare sensibilitate, intrînd în funcțiune la o variație de 2...3% a capacității rețelei componente, funcție de configurația acesteia și sensul de reglaj al bobinei ;

— permite telemecanizarea instalației de tratare a neutrului.

Revendicări

1. Regulator automat pentru bobine de stingere cu reglaj continuu, caracterizat prin aceea că, în scopul acordării automate a bobinelor pentru tratarea neutrului rețelelor de medie tensiune este constituit dintr-un circuit de pornire format din două relee electronice direcționale (P1 și P2) alimentate astfel ca din compunerea domeniilor lor de acționare să rezulte o zonă comună de blocaj care să includă vectorul (U_{b0}) al tensiunii de deplasare a neutrului rețelei compensate la rezonanță și care să sesizeze abaterile fazei φ a acestuia pentru a-l readuce în poziția inițială.

2. Regulator, conform revendicării 1, caracterizat prin aceea că, în scopul măririi stabilității schemei de reglaj automat al bobinei, folosește în circuitele de comandă ale unui electromotor (M) niște contacte (P11 și P21) ale releelor direcționale (P1 și P2) care întrerup rapid alimentarea bobinelor unor contactoare (K1 și K2), imediat după readucerea vectorului (U_b) în zona de blocaj a regulatorului.

3. Regulator, conform revendicării 1, caracterizat prin aceea că, în scopul eliminării acțiunii în pauza automatizării RAR, schema se temporizează cu ajutorul unor relee de timp (T1 și T2), permițînd realizarea unei configurații stabile a rețelei.

Referințe bibliografice

Brevet, Franța, nr. 2015111.

CRONICĂ

Simpozionul național privind surse neconvenționale de energie Iași 29—30 octombrie 1982

În zilele de 29 și 30 octombrie 1982 s-a desfășurat la Institutul Politehnic Iași, Facultatea de Electrotehnică, simpozionul național privind sursele neconvenționale de energie. Acest simpozion poate fi considerat la cea de-a doua ediție a sa, prima fiind cea din 17—18 octombrie 1980, cînd s-au abordat numai aspecte legate de utilizarea energiei solare. Organizatorii simpozionului au fost Ministerul Învățămîntului, Institutul Politehnic Iași și Institutul de Cercetare Științifică și Inginerie Tehnologică pentru Industria Electrotehnică. O contribuție importantă la buna desfășurare a simpozionului a avut Catedra de Fizică din Institutul Politehnic Iași, în cadrul căreia există preocupări majore privind conversia energiei solare în energie electrică.

Lucrările simpozionului s-au desfășurat în cadrul a opt secțiuni :

I. Conversia fotovoltaică și termoelectrică
II. Fotoelectroliza și producerea hidrogenului
III. Radiația solară. Arhitectura solară. Energia neconvențională în construcții
IV. Conversia termică. Energia geotermică
V. Valorificarea resurselor secundare de energie. Recuperarea energiei rezultate din arderea deșeurilor
VI. Biogazul
VII. Energia gravitațională
VIII. Energia eoliană și a valurilor. Domenii conexe

În prima zi a lucrărilor s-a desfășurat o sesiune plenară, în cadrul căreia s-au prezentat trei lucrări de sinteză, privind noi surse neconvenționale de energie și utilizarea lor la scară industrială : „Orientări și tendințe în domeniul energeticii chimice și biochimice (Mihail Florescu, ministru secretar de stat la CNST-București), „Conversia fotovoltaică a energiei solare. Stadiul actual și perspective" (conf. dr. Sofia Melinte, I. P. Iași), „Probleme actuale privind conversia fotochimică" (prof. dr. doc. Tatiana Oncescu, I. P. București).

În cadrul celor opt secțiuni s-au prezentat lucrări referitoare la caracteristicile unor surse de energie neconvenționale, noi tehnologii în domeniu și aspecte ale aplicării la scară industrială ale acestora. Dintre problemele prezentate se remarcă cele referitoare la optimizarea celulelor solare realizate din Si monocristalin (autori : D. Nicolaescu, St. Vasile, Fl. Căldăraru-ICCE București și IPRS-Băneasa). Cercetările arată că în curînd aceste celule vor deveni competitive la scară industrială. Este de remarcat în acest sens, colaborarea strînsă între ICCE și IPRS-Băneasa-București, care va accelera mult ritmul de producere a panourilor fotovoltaice.

De o deosebită atenție s-au bucurat și lucrările prezentate în cea de-a doua secțiune a Simpozionului, în care s-au abordat aspecte ale obținerii hidrogenului prin fotoelectroliza apei. Un colectiv de la I. P. București, condus de prof. dr. doc. Tatiana Oncescu, a prezentat un sistem fotosensibilizator-releu-apă format din colorant acridinic-complex $Co(II)-H_2O$, care produce hidrogen la iradierea cu lumină din domeniul vizibil, pe calea unor cicluri catalitice. De asemenea, același grup a studiat sistemul fotocromic redox $Fe^{2+}/Fe^{3+} - I^- - I^{-3}$, ce funcționează în regim mixt fotogalvanic-fotoregenerativ. Autorii au raportat t.e.m. maxime de 70 mV, curenți de scurtcircuit de maximum 1 mA/cm² și randamente de conversie cuprinse între 0,028 % și 0,078 %.

Un colectiv de la I. P. Iași, condus de șef lucrări dr. Eugen Neagu, a prezentat rezultate privind obținerea unor fotoelectrozi semiconductori de tip α-Fe_2O_3. Acești electrozi sînt obținuți prin sinterizare și introducerea unor niveluri de impurități controlate. Rezultate importante au fost raportate cu privire la realizarea fotoelectrolizei în două trepte cu ajutorul a doi electrozi, unul de tip n și altul de tip p.

Folosirea energiei solare pe scară largă are mari implicații și în domeniul construcțiilor. Aceasta a dus la apariția, deja, a arhitecturii solare. Aspecte legate de această arhitectură au fost prezentate în cadrul secțiunii a III-a a Simpozionului. Deosebit de apreciate au fost cercetările privind utilizarea energiei solare în procese termice specifice construcțiilor (ing. cercetător Dan Constantinescu, INCERC-București), soluții privind valorificarea pasivă a energiei solare în construcții (prof. dr. ing. Adrian Radu, I. P. Iași), locuința și energia solară (ing. Alexandra Florian, ing. Florin Colpaci, ing. Ștefan Manciulescu). Principalele concluzii desprinse au fost următoarele : a) sectorul de construcții este deosebit de interesant pentru utilizarea energiei solare oferind, după agricultură, cel mai vast cîmp de aplicații, prin valorificarea efectului de seră ; b) calculele elementelor de construcții destinate utilizării energiei solare sînt într-un stadiu avansat de elaborare. Se remarcă nevoia unor hărți privind disponibilitățile de energie solară, așa cum există deja pentru județul Iași, ținînd seama de orientarea și pantele terenului ; c) cercetările întreprinse la IPCT-București și I. P. Iași pun în evidență realizarea unor construcții care să permită utilizarea pasivă a energiei solare. Se apreciază că pe această cale se pot obține energii care să acopere pînă la 30 % din necesarul omului.

Aplicațiile practice cele mai dezvoltate în prezent, referitoare la utilizarea energiei solare, sînt desigur cele bazate pe conversia termică a energiei solare. În cadrul secțiunii a IV-a, una dintre secțiunile cele mai interesante, a fost prezentat un număr mare de lucrări (peste 35) referitoare la sisteme de conversie termică.

O mare parte din lucrări s-a referit la noi sisteme de captatoare pentru energia solară : cu reflector, plane, cilindro-parabolice, peliculare, cu autofocalizare (prezentate de cercetători de la I. P. Iași, C.F.T. Iași, I. P. București etc.). Un grup de cadre didactice de la I. Politehnic București, condus de șef lucrări dr. Vladimir Fara, a prezentat rezultate practice importante referitoare la centralele solare cu cîmp de heliostate și turn, insistînd în special asupra dimensionării corecte a cîmpului de heliostate, ținînd seama de variația diurnă a suprafeței efective de captare. Rezultate foarte interesante au fost aduse de cercetătorii de la Centrul de Fizică Tehnică Iași (Zaira Murgu, D. Murgu, I. Grădinaru), privind captatoarele peliculare de energie solară.

Conversia termică oferă cîmpul cel mai larg de aplicație a energiei solare la scară industrială și, de altfel, pentru ea există proiecte și rezultate dintre cele mai complete. Se impune cu necesitate ca marii consumatori de energie să se orienteze cît mai repede către investiții ce vizează valorificarea energiei solare.

În ultima perioadă au cunoscut o amploare deosebită și cercetările în domeniul biogazului. În cadrul secțiunii a VI-a s-au prezentat o serie de lucrări privind metode practice de obținere a biogazului, stocarea și utilizarea lui. Un colectiv de cadre didactice de la Institutul Politehnic Iași, condus de conf. dr. ing. Mihai Dima, a prezentat o serie de rezultate privind producerea de biogaz prin fermentarea nămolurilor industriale și procesul de mineralizare anaerobă a nămolurilor biologice. Referiri aparte sînt făcute asupra instalațiilor de producere a biogazului în gospodăriile individuale din mediul rural.

Specialiștii de la I.C.P.G.A.-București (dr. ing. Veturia Ghederin, ing. I. Gueron ș.a.) au arătat că fermentarea anaerobă a nămolurilor stațiilor de epurare este singurul proces din care rezultă un purtător de energie, gazul de fermentare combustibil.

Demne de menționat sînt și alte aspecte importante legate de sisteme practice de obținere a biogazului: generatoare de biogaz, modulabile între 5 și 50 m^3, generatoare de biogaz bazate pe fermentarea anaerobă a deșeurilor agricole (iarbă, paie, frunză de sfeclă, cartofi murați etc.), arzător pentru gaze ce provin din surse neconvenționale (biogaz, gaze din apele geotermale, gaze de mină etc.).

În cadrul Simpozionului a fost inclusă și o secțiune, a VII-a, privind energia gravitațională. Un colectiv de cercetători de la ICPE-București, condus de dr. fizician Hari Minți, coordonează un program de cercetări privind natura fizică a cîmpului gravitațional cu aplicații tehnologice. Sînt întrevăzute, în viitor, posibilități noi de utilizare a energiei gravitaționale. Cercetările actuale vizează acest lucru și simultan duc la realizarea de aparatură de înaltă performanță destinată și altor sectoare ale cercetării, precum și pentru industrie.

În cadrul simpozionului au fost prezentate lucrări privind: stadiul și perspectivele cercetărilor de gravitație în R.S.R. — ministru secretar de stat Mihail Florescu și dr. ing. Iosif Adămuți — ICPE București; dispozitive pentru verificarea și etalonarea traductoarelor de vibrații — ing. M. Tănăsescu — ICPE București; interferometrie laser și aplicații în gravitația experimentală — fiz. D. Lupu — ICPE București; aparatură electronică pentru măsurarea deplasărilor cu amplitudine extrem de mică — conf. dr. ing. Alexandru Preda — I. P. București etc. Au fost prezentate, de asemenea, cercetări teoretice vizînd aspecte fundamentale ale gravitației, de către cadre didactice și cercetători de la Universitatea Iași, I. P. Iași, IFTAR București, Universitatea Brașov, Universitatea Timișoara etc.

În cadrul secțiunii a VIII-a de un interes deosebit s-a bucurat lucrarea „Din experiența de exploatare a aerogeneratorului cu ax orizontal AM-20-ICEMENERG" prezentată de cercetătorii ing. Gh. Voicu, ing. C. Tînțăreanu, ing. V. Vlad și ing. M. Tudor de la ICEMENERG.

Instalația AM-20 constituie o primă etapă în cadrul programului M.E.E. de implementare a forței vîntului în energetică, rezultatele obținute în condiții de exploatare curente — primele din țara noastră — confirmînd corectitudinea concepției tehnologice adoptate, informațiile obținute creînd condițiile trecerii la realizarea unui aerogenerator din „generația a doua" cu putere de circa 100 kW.

Prezentarea detaliată a tuturor rezultatelor expuse în cadrul simpozionului este desigur imposibilă. Ca și la primul simpozion din anul 1980, lucrările prezentate vor fi tipărite într-un volum care va apărea în cadrul Institutului Politehnic Iași în cursul anului 1983. Volumul va fi disponibil pentru toți specialiștii din domeniu, care doresc să cunoască amănunțit problemele prezentate în cadrul simpozionului. Solicitarea volumului poate fi făcută direct sau prin Intreprinderi la Biblioteca Institutului Politehnic Iași.

Prin problematica sa, Simpozionul și-a propus să aducă noi contribuții la punerea în valoare a surselor neconvenționale de energie, cunoașterea mai largă a rezultatelor din acest domeniu și determinarea unei accelerări a ritmului de aplicare la scară industrială a noilor soluții. Concluzia care s-a impus este că în viitor nevoia de energie va crește și numai prin valorificarea tuturor resurselor energetice posibile se va putea asigura energia necesară.

Conf. dr. Gheorghe Zet
Institutul Politehnic Iași

Primul simpozion național pentru utilizarea energiei vîntului —Brașov, 26—27 noiembrie 1982—

În cinstea Conferinței Naționale a Partidului și a celei de-a 35 aniversări a proclamării Republicii, în zilele de 26—27 noiembrie 1982 a avut loc la Brașov primul Simpozion național pentru utilizarea energiei vîntului.

Simpozionul a fost organizat în cadrul sesiunii științifice a cadrelor didactice de către Laboratorul de cercetare pentru utilizarea energiei vîntului din cadrul Universității brașovene.

Lucrările au fost prezentate în cadrul a cinci secții:

Secția I — Potențial eolian.
Secția II — Aerodinamica rotorului eolian.
Secția III — Utilizarea turbinelor eoliene.
Secția IV — Soluții constructive.
Secția V — Aspecte generale.

Din totalul de 50 de lucrări, 8 au fost prezentate în cadrul secțiunii I, 9 în secțiunea II, 12 în secțiunea III 12 în secțiunea IV și 9 în secțiunea V.

Participanții, în număr de peste 100, au reprezentat institute de cercetare și proiectare, precum și instituții de învățămînt superior din întreaga țară (amintim aici Academia R.S.R., Universitatea București, Universitatea Cluj-Napoca, Universitatea Brașov, Institutul Politehnic București, Institutul de Meteorologie și Hidrologie, ISPCAIA, ICPE).

În ședința de deschidere a lucrărilor simpozionului au luat cuvîntul tovarășii:

— Conf. dr. ing. Mircea Ivan — prorector, care a făcut o amplă prezentare a activității de cercetare din cadrul Universității din Brașov, arătînd locul important ocupat de activitatea Laboratorului de cercetare pentru utilizarea energiei vîntului în acest cadru.

— Academicianul Caius Iacob a urat succes lucrărilor acestui prim simpozion pentru utilizarea energiei vîntului și a subliniat dificultatea teoretică de abordare a problemei cu care se confruntă cercetările în domeniul eolian.

— Tov. ing. Popa Alexandru din partea organelor locale de partid și-a exprimat satisfacția alegerii Brașovului drept gazdă a acestei manifestări științifice închinată Conferinței Naționale a Partidului și a celei de a 35-a aniversări a proclamării Republicii.

— Ing. Ilie Vlad, șeful laboratorului LUEV a prezentat conferința „Realizări și perspective în programul de punere în valoare a energiei vîntului", o prezentare amplă susținută de date de ultimă oră în problema energiei eoliene pe plan național și internațional.

În programul simpozionului a fost inclusă și o vizită la poligonul experimental de la Ghimbav al Universității. Aici participanții au putut trece în revistă realizările laboratorului pentru utilizarea energiei vîntului. S-au remarcat: turbina de 20 kW, racordată la sistemul energetic național, turbina Savonius de 1 kW pentru alimentarea cu apă de la mică adîncime, tunelul aerodinamic pentru testarea diferitelor soluții de rotoare eoliene, precum și turbina de 50 kW (care la această oră este în curs de montaj).

După vizita din poligon a urmat prezentarea lucrărilor în secțiunile amintite.

Element de bază în exploatarea surselor alternative de energie, potențialul eolian a fost analizat în funcție de elaborarea hărților climatologice, de prognoza numerică a vîntului, precum și de condițiile solicitate de aparatura de măsurare a potențialului eolian. Cu deosebit interes a fost urmărită lucrarea „Elaborarea hărții TA-850 mb la mezoscară și utilizarea sa în analiza cîmpului vîntului pe teritoriul R.S.R.", autori Ion Drăghici, Gheorghița Popescu de la IMH. Utilizînd măsurătorile curente de presiune, temperaturi și vînt de la „stațiile de munte" (altitudini peste 800 m) pe baza unei metodologii moderne se determină înălțimea geopotențială a suprafeței standard TA-850 mb. Pe baza acestor informații se obține o hartă aerologică TA-859 mb, îmbunătățită cu elemente meteorologice specifice la nivelul țării noastre (orientativ se folosesc și datele de vînt din sondajul pilot la înălțimea corespunzătoare).

În discuțiile avansate asupra aerodinamicii rotorului eolian s-au remarcat contribuțiile matematicienilor în stabilirea relațiilor între mișcările de rotație ale palelor profilate aerodinamic și curenții de aer, în determinarea potențialului complex al mișcării unui fluid, în efectul curburii traiectoriei asupra aerodinamicii palelor și în evaluarea puterii turbinelor cu ax vertical.

Lucrările secțiunii Aerodinamica rotorului eolian, au fost conduse de tovarășul acad. Caius Iacob. Prezentăm cîteva din lucrările acestei secțiuni.

În „Mișcarea de rotație a unui profil subțire în prezența unui curent neuniform" — autor acad. Caius Iacob, se stabilesc următoarele rezultate:

— precizarea comportamentului potențialului complex al mișcării absolute a aerului la mari distanțe;

— deducerea condiției la limită pe profil în cazul în care acesta are o incidență mică față de viteza de transport de rotație sau în cazul în care el are o incidență dată față de viteza sa de transport;

— simplificarea condiției la limită;

— obținerea metodei de rezolvare a problemei la limită în cazul profilului subțire de schelet rectiliniu sau de schelet circular;

— se dă o metodă de rezolvare a problemei lui Dirichlet, care intervine în cazul profilelor obținute cu ajutorul unei transformări conforme raționale a domeniului ocupat de fluid pe un domeniu circular;

— se stabilesc punctele pentru obținerea rezultantei generale și a momentului rezultant al forțelor aerodinamice asupra profilului.

Lucrarea „Determinarea legii de variație a unghiului de bracare a eleronului la TEV cu pale articulate", autori conf. dr. Deliu Gheorghe, conf. dr. Benche Lidia, lector Marinescu Elvira, as. univ. Roșca Elena de la Universitatea din Brașov, tratează influența modificării profilului palei prin operația de bracare asupra performanțelor turbinei.

Un alt aspect interesant atît teoretic, cît și practic, este studiat în „Efectul curburii traiectoriei asupra aerodinamicii palelor (TEV)", autor dr. mat. Nedelcu Ștefan de la LUEV — Universitatea din Brașov. Lucrarea analizează gradul de aproximare al folosirii caracteristicilor aerodinamice măsurate experimental pentru profile aerodinamice în curent rectiliniu față de situația reală de la turbinele de vînt cu ax vertical (TEV). Se recomandă o metodă de calcul mai exactă.

Același aspect este relevat în lucrarea „Pală cu profil asimetric rezultat al considerării efectului de curbură a traiectoriei" autor ing. Almasi Laszlo de la LUEV. Este interesantă propunerea de a folosi pentru profilul palelor turbinei forma asimetrică dedusă din condițiile cinematice pentru a obține o funcționare optimă a TEV.

Utilizarea turbinelor eoliene a fost ilustrată în lucrările simpozionului prin prezentarea formelor de conversie a energiei vîntului în alte forme de energie, a complexității formelor de utilizare, stocare și consum la diverse tipuri de turbine, prin referințe directe la posibilități de dimensionare a convertizoarelor de căldură de tip frînă hidraulică.

Semnalăm aici cîteva din lucrările secțiunii a III-a, care au trezit mare interes în rîndul participanților.

Lucrarea „Echipament electric pentru conectarea la sistemul energetic al generatorului turbinei", autori dr. ing. Vasilescu Ion de la I.P.B. și ing. Miron Popescu de la ISPCAIA, tratează principiul de funcționare al echipamentului electric (generator + convertizor static de frecvență cu tiristoare) destinat turbinelor eoliene de 6—50 kW.

O soluție interesantă privind stocarea este prezentată în lucrarea „Stocarea energiei eoliene sub formă de hidrogen", autori ing. Faur Mircea, ing. Faur Maria de la ICPE și ing. Nicolae Ion de la IITPIC. Se demonstrează necesitatea includerii, în cadrul sistemelor de stocaj al energiei eoliene, a stocării dinamice sub formă de hidrogen. Sînt date și o serie de estimări economice privind posibilitatea producerii la noi în țară a unor instalații eoliene de producere a energiei electrice cu stocare în hidrogen.

Problema conversiei este prezentată amplu în lucrarea „Conversia energiei eoliene în alte forme de energie", autori ing. Ilie Vlad, ing. Mocanu Marin de la LUEV — Universitatea din Brașov. Sînt prezentate etapele procesului: extragere, conversie, stocare și consum. În continuare, sînt evidențiate mai multe forme posibile de utilizare ca: pomparea apei, comprimarea aerului, producerea de căldură, curent electric etc.

Modul de estimare a energiei produse de turbinele eoliene echipate cu generatoare electrice este prezentat în lucrarea „Energetica turbinelor eoliene echipate cu generatoare electrice", autor ing. Luncă Gheorghe de la LUEV — Universitatea din Brașov. Lucrarea este interesantă prin prezentarea unor soluții practice testate în cazul turbinelor din poligonul experimental.

Cu interes a fost audiată și lucrarea „Conversia energiei eoliene în căldură", autor ing. Toțu Ion de la LUEV — Universitatea din Brașov, în care sînt clasificate și analizate, după fenomenul fizic utilizat, diferitele scheme și metode de conversie a energiei mecanice disponibilă la arborele turbinei eoliene și energiei termice. Se analizează relații de calcul și posibilitățile de dimensionare a convertizoarelor de căldură de tip frînă hidraulică, concepute și realizate în cadrul laboratorului pentru utilizarea energiei vîntului.

În domeniul soluțiilor constructive s-au prezentat pe larg rezultatele cercetării și proiectării palelor turbinelor cu ax vertical în patru variante constructive, respectiv construcția similară cu cea din aeronautică, din rășini poliesterice sau epoxidice armate cu fibre de sticlă și din tablă de oțel. De asemenea, au fost prezentate particularitățile de construcție a turbinelor cu ax vertical de medie și mare putere, implicațiile solicitărilor la care sînt supuse aceste tipuri de turbine.

Lucrările care au oglindit aceste aspecte au ca autori, în majoritate, membrii laboratorului de cercetare pentru utilizarea energiei vîntului din cadrul Universității din Brașov.

Astfel, în lucrarea „Unele considerații privind tehnologiile de construcție a palelor turbinelor eoliene" autor ing. Ilie Vlad, se prezintă, ca rezultat al cercetărilor și experienței laboratorului, cele patru soluții de realizare a palelor și sînt ilustrate criteriile care au determinat opțiunea pentru construcții din tablă de oțel.

Experiența laboratorului în utilizarea unor metode practice pentru ridicarea caracteristicilor de putere în funcție de viteza vîntului la turbinele de vînt proiectate și executate, este făcută cunoscută prin lucrarea „Metode practice pentru ridicarea caracteristicilor turbinelor de vînt" autor ing. Borzași Dan — LUEV. Același autor prezintă și analizează, în altă lucrare, diverse soluții constructive la TEV.

Un alt aspect important la nivelul actual de cercetare, proiectare, testare, construcție și utilizarea turbinelor eoliene s-a referit la necesitățile de tipizare și standardizare privind nivelul de folosire, prescripții de calcul, parametrii, componente, echipamente, potențial.

Remarcăm în secțiunea a V-a lucrările care au analizat acest aspect.

Lucrarea „Standardizarea și tipizarea în domeniul energiei eoliene", autor ing. Ilie Vlad, prezintă principalele direcții ale tipizării și standardizării în domeniul energeticii eoliene, precum și unele rezultate obținute în cadrul Laboratorului LUEV. Direcțiile principale vizează:

— nivelul (național, de ramură, de întreprindere);
— conținutul (terminologie, prescripții de calcul la proiectare, parametrii etc.);
— domeniul (potențial energetic, construcția generatoarelor eoliene, componente, echipamente etc.).

O lucrare, care prin tematică este legată de aspectele de sistematizare, a fost prezentată de ing. Almasi Laszlo, „Clasificarea și codificarea mașinilor eoliene".

Se propune utilizarea unui limbaj unitar în codificarea tipurilor de mașini construite și proiectate pînă la o anumită dată. În acest scop a fost expus un sistem de codificare, care să facă posibilă stocarea, prelucrarea și regăsirea datelor pe calculator.

Cu deosebit interes a fost audiată lucrarea „Ingineria valorii și optimizarea conversiei energiei vîntului în energie termică", autor ing. Toțu Ion.

Aplicînd analiza morfologică, autorul analizează posibilitățile de realizare a sistemelor de conversie a energiei mecanice la arborele turbinei eoliene în energie termică. Această analiză urmărește optimizarea produsului încă în faza de concepție.

În încheierea lucrărilor simpozionului participanții și-au exprimat dorința de a transforma inițiativa Laboratorului LUEV de trecere în revistă a realizărilor pe plan național în domeniul eolian într-o acțiune cu periodicitate de doi ani.

S-a accentuat încă o dată necesitatea zonării eoliene a întregului teritoriu al țării, ca o condiție a evoluției în regim optim a realizărilor de aplicare practică a energiei eoliene.

S-a ridicat problema ca fiecare minister să analizeze și să inventarieze domeniile în care contribuția energiei eoliene la economia generală de combustibil este posibilă. Este imperativul pentru care s-a organizat și acest simpozion. Reușita imediată poate fi apreciată prin numărul participanților, prin calitatea discuțiilor purtate, dar se urmărește perspectiva mai îndepărtată cînd se speră cooptarea în aria de interes a problemei eoliene a unui număr mult mai mare de cercetători și de instituții puternice.

Ing. Ilie Vlad
Universitatea Brașov —
Laboratorul de cercetare pentru utilizarea energiei vîntului.

Recenzie

CRISTESCU, D., PANTELIMON, L. și DARIE, D. **Centrale și rețele electrice.** Editura didactică și pedagogică, București, 1982, 352 p.

Manualul de nivel universitar elaborat de colectivul de autori citat (I. P. București și I. P. Cluj-Napoca) se adresează cu precădere studenților din ultimul an al facultăților de electrotehnică ce urmează această specializare, indiferent de direcțiile de aprofundare pe care aceștia le-au ales.

Tratînd disciplina „Centrale și rețele electrice", care face parte din planul de învățămînt al specializării „Electrotehnică" din profilul electric al învățămîntului tehnic superior, autorii au alcătuit un manual care integrează numeroase cunoștințe dobîndite de studenți pe parcursul a patru ani de studii.

Avînd rolul de a prezenta modul în care se integrează structural și funcțional mașinile și aparatele electrice pe care studenții din profilul electric urmează să le conceapă și să le construiască ca ingineri, manualul elaborat contribuie esențial la formarea gîndirii unitare sistemice a viitorilor specialiști cu privire la interdependența funcțională de ansamblu în sistemele energetice a tuturor componentelor care fac obiectul industriei constructoare de mașini și în cadrul căreia vor activa.

Prin acest rol integrator al disciplinei pe care o deservește, manualul recenzat lărgește apreciabil perspectiva viitorului inginer electrotehnician și, în același timp, deschide orizontul către problemele de optimizare ale funcționării în sistem a echipamentelor de centrale, stații și rețele electrice.

Manualul este structurat pe 16 capitole, care tratează sintetic un material foarte vast, începînd cu centralele electrice și terminînd cu rețelele electrice de distribuție, la care s-au adăugat problemele de stabilitate și conducere prin dispecer a sistemelor energetice.

În capitolul 1, cu caracter introductiv, se prezintă succint cîteva probleme privind dezvoltarea energetică a societății, ca și implicațiile de ordin economic și social ale acestei dezvoltări, cu referiri la situația țării noastre. Un loc important în cadrul acestui capitol îl ocupă problematica evoluției structurii sistemului electroenergetic național românesc. Așa cum a fost conceput și prezentat de autori capitolul 1 este foarte important, introducînd cititorul de la început în vasta problematică a energiei, cu care se confruntă lumea contemporană în contextul crizei energetice mondiale. În acest sens sînt prezentate și opțiunile energetice ale țării noastre privind asigurarea independenței energetice potrivit Programului-directivă de cercetare și dezvoltare în domeniul energiei pe perioada 1981—1990 și orientările principale pînă în anul 2000, adoptat de Congresul al XII-lea al partidului.

În al doilea capitol al cărții sînt prezentate centralele termoelectrice (partea termomecanică), insistîndu-se asupra următoarelor aspecte: principiul de funcționare, parametrii aburului, preîncălzirea regenerativă a apei de alimentare, supraîncălzirea intermediară, producerea combinată a energiei electrice și a căldurii (termoficarea), componența termocentralelor (cazane, instalații pentru alimentarea cu combustibili, turbine, instalații pentru alimentarea cu apă și prepararea ei), amplasarea în teren a termocentralelor, centrale cu motoare diesel.

Capitolul 3 este rezervat centralelor hidroelectrice. După prezentarea cîtorva elemente introductive (mărimi hidrotehnice și potențial hidroenergetic), sînt prezentate elemente de bază, constitutive ale amenajărilor centralelor hidroelectrice (CHE): schemele de amenajare a CHE, baraje, priza de apă, aducțiunea, castelul de echilibru, conducta forțată și distribuitorul, canalul de fugă. În

final sînt prezentate succint turbinele hidraulice: clasificare, turație specifică și principalele tipuri de turbine folosite în CHE (Pelton, Francis, Kaplan, turbinele bulb ș.a.).

În capitolul 4 sînt descrise centralele nuclearoelectrice (CNE). Pornind de la adevărul că astăzi folosirea energiei nucleare reprezintă singura alternativă tehnic realizabilă în următoarele patru-cinci decenii în condițiile epuizării resurselor clasice de energie datorită creșterii continue a consumului, în cadrul capitolului 4 sînt prezentate mai detaliat probleme specifice acestui tip de centrală electrică modernă, insistîndu-se asupra părții nucleare: reactorul nuclear, schemele termice pentru CNE, particularitățile elementelor componente ale CNE.

Capitolele 5—11 tratează partea electrică a centralelor de producere a energiei electrice, principalele probleme abordate fiind: curbe de sarcină, scurtcircuite în scheme de centrale și rețele, scheme electrice pentru instalații din centrale și rețele electrice, servicii proprii, soluții constructive pentru stațiile de conexiuni, circuite secundare (măsură, comandă și control), protecția prin relee în centrale și rețele electrice.

Capitolele 12—14 sînt rezervate problemelor specifice rețelelor electrice, cum sînt: tratarea neutrului rețelelor electrice, calculul regimurilor de funcționare ale instalațiilor de transport și distribuție a energiei electrice și elementele constructive componente ale rețelelor electrice aeriene și în cablu.

Ultimele capitole ale manualului, capitolele 15—16, se referă la problemele de optimizare a sistemelor energetice și la noțiunile de bază privind stabilitatea și conducerea prin dispecer a sistemelor electrice.

Trecerea succintă în revistă a conținutului și a structurii manualului, arată că acesta conține într-un număr relativ mic de pagini un mare volum de cunoștințe.

Cu toate acestea ar fi fost util, după opinia noastră, ca în cadrul capitolului privind calculul rețelelor electrice să se fi inseriat și cîteva elemente privind calculul mecanic al acestor rețele. Cîteva date privind compensarea puterii și energiei reactive, precum și diminuarea efectelor regimurilor nesinusoidale ar fi fost, de asemenea, utile. O detaliere ceva mai pronunțată s-ar fi cuvenit a fi făcută în legătură cu problemele de impact a instalațiilor de centrale și rețele electrice asupra mediului exterior. Ar fi fost necesare, de asemenea, referiri mai concrete la economisirea combustibililor și energiei, cu accent pe metoda bilanțului energetic. Lipsesc apoi referiri sumare, credem necesare, cu privire, la problemele de construcții-montaj, exploatare-întreținere și protecție a muncii.

Subliniem ca un merit al manualului faptul că fiecare capitol se finalizează cu o rubrică care trimite cititorul interesat în aprofundarea unor anumite aspecte, la o amplă bibliografie, în cea mai mare parte în limba română.

De asemenea, sînt instructive și utile paragrafele dispersate în manual (tipărite cu litere mai mici decît textul de bază), aferente diverselor capitole, care aprofundează aspecte de mare importanță, cum ar fi: alegerea punctelor de scurtcircuit, tipuri principale de protecții prin relee, elemente de fiabilitate aplicabile în studiul schemelor de conexiuni ș.a.

Înserierea cîtorva exemple de calcul la capitolele adecvate, ca și mai multe trimiteri la standardele, prescripțiile, instrucțiunile și normativele de specialitate din R.S.R. ar fi întregit valoarea didactică și științifică pe care lucrarea, incontestabil, o are.

Aceasta cu atît mai mult cu cît manualul constituie și o reușită pledoarie pentru formarea „gîndirii energetice" a viitorului inginer electrotehnician, implementîndu-i în conștiința profesională faptul că tot ce va concepe și construi în domeniul echipamentelor electrice trebuie să fie gîndit pe baza criteriului esențial al conjugării fiabilității cu reducerea consumurilor energetice și de materii prime.

Cu completările sugerate, ce pot fi făcute într-o eventuală nouă ediție a manualului, cartea la care ne referim constituie o reușită în domeniul abordat. Asociindu-ne aprecierilor competente ale prof. dr. doc. ing. A. Tugulea — decanul Facultății de Electronică din cadrul I. P. București, care a prefațat manualul, încheiem prin a sublinia faptul că lucrarea depășește cadrul unui manual didactic, putînd fi utilă oricărui inginer care dorește să-și desăvîrșească cultura energetică.

Ing. Romulus Sfichi

Din sumarul revistelor *

ASAL, H. P. Menținerea frecvenței și stabilității în rețeaua interconectată de energie a țărilor vest-europene (Frequenzhaltung und Stabilität im westeuropäischen Verbundnetz). Elektrizitätsverwertung, nr. 7/8, iul.-aug. 1982.

KÜMMERLY, H. Determinarea efectului curenților de frecvență scăzută asupra rețelei (Die Erfassung niederfrequenter Netzbeeinflussungen). Elektrizitätsverwertung, nr. 6, iun. 1982.

KLASS, A. Electronica de putere în energetică (Leistungselektronik in der Elektrizitätswirtschaft). Elektrizitätsverwertung, nr. 10, oct. 1982.

BUTIN, G. și SHAROV, A. Circulațiile de putere previzibile și regimurile de funcționare reciproc avantajoase în SEI ale țărilor membre ale CAER pentru anii 1985, 1987 și 1990 (Ojidaemye potoki moschinosti i vzaimovygodnye rejimy raboty OES stran-chlenov SEV na 1985, 1987 i 1990 gg). Informatzionii biulletenj po elektroenerghii, 21, 1982.

SCHÄR, O. Măsuri pentru raționalizarea consumului de energie (Die rationalen Energiesparmassnahmen). Elektrizitätsverwertung, nr. 9, sept. 1982.

BRACK, R. și KUSTER, W. Problema curenților și sarcinilor maximale și nominale la motoarele pompelor de căldură (Zur Frage der Nenn- und Maximalströme und — leistungen bei Wärmepumpenmotoren). Elektrizitätsverwertung, nr. 5, mai 1982.

BORGEAUD, P. Rolul energiei în economia Elveției (Die Rolle der Energie in der schweizerischen Wirtschaft). Elektrizitätsverwertung, nr. 5, mai 1982.

MAREANSKI, V. și SHMURLO, T. Siguranța în funcționare și manevrabilitatea în exploatare a CHEAP și a CHE de vîrf (Nadeojnostj i ekspluatazionnaea manevreonnostj GAES i pikovyh GES). Informatzionnii biulletenj po elektroenerghii, 21, 1982.

LIPATOVA, L. și NIKOLAEV, V. Construcții de CHEAP de către țările membre ale CAER interesate (Stroiteljstvo GAES zainteresovannymi stranami chlenami SEV). Informatzionnii biulletenj po elektroenerghii, 21, 1982.

PROFOS, P. Economii obținute prin reglajul adaosului de aer la arzătoarele cazanelor (Ersparnisse durch Luftüberschussregelung an Kesselfeuerungen) Gas Wärme International, vol. 31, nr. 12, dec. 1982.

* Rubrică întocmită de O.I.D.E.

LIENHARD, W. Creşterea preţului de cost la energie şi efectul ei (Energiekostensteigerungen und ihre Preiswirkungen). Elektrizitätsverwertung, nr. 9, sept. 1982.

CATRINA, W. Energia electrică obţinută din vînt — posibilităţi şi limite (Strom aus Wind — Möglichkeiten und Grenzen). Elektrizitätsverwertung, nr. 7—8, iul.-aug. 1982.

ZOTTMANN, G. Recuperarea căldurii într-o întreprindere agricolă (Wärmerückgewinnung in einem landwirtschaftlichen Betrieb). Elektrowärme im Technischen Ausbau, nr. 3, mai 1982.

FESSEL, E. Recuperarea căldurii din apele uzate (Wärmerückgewinnung aus dem Abwasser). Elektrowärme im Technischen Ausbau, nr. 3, mai 1982.

DIEDRICH, H. Încălzirea electrică cu acumulare — sisteme şi perspectivă (Elektrische Speicherheizung — Systementwicklungen und Marktchancen) Elektrowärme im Technischen Ausbau, nr. A2, mart. 1982.

HAENDLY, D. Încălzirea locuinţelor cu apă de riu prin intermediul pompelor de căldură (Stadtheizung mit Flusswasser durch Einsatz von Wärmepumpen). Elektrowärme im Technischen Ausbau, nr. A2, mart. 1982.

SCHIMMELPFENNIG, K. şi HANTKE A. Rezultatele obţinute cu două instalaţii de încălzire cu pompe de căldură bivalente de concepţie diferită cu schimbătoare de căldură plane (Betriebsergebnisse von zwei unterschiedlich konzipierten bivalenten Wärmepumpen-Heizungsanlagen mit Flächenwärmetauschern). Elektrowärme im Technischen Ausbau, nr. A2, mart., 1982.

RUHM, D. Încălzirea prin pompe de căldură cu absorbţie din sol (Erdreich-Absorptionswärmepumpenheizung mit kleiner entwärmter Erdfläche). Elektrowärme im Technischen Ausbau, nr. A6, nov. 1982.

PIWINGER, F. Economia de energie realizată prin folosirea oxigenului din gazele evacuate pentru reglajul arzătoarelor cazanelor industriale (Energieeinsparung durch Aufschalten des Sauerstoffgehaltes der Abgase auf die Brennerregelung von Industriekesseln). Gas Wärme International, vol. 31, nr. 12, dec. 1982.

DRAFK, H.-J. Sonde folosite ca sursă de căldură pentru încălzirea cu pompe de căldură (Erdreichsonden als Wärmequelle für Wärmepumpenheizungen). Elektrowärme im Technischen Ausbau, nr. A6, nov. 1982.

TZYKYLO, E. şi EASINSKA, T. Mijloace de reducere a poluării termice a apelor de suprafaţă de către CTE şi CNE (Sposoby umenjsheniea teplovogo zagreazneniea poverhnostnyh vod teplovymi i atomnymi elektrostantzieami). Informatzionnii biulletenj po elektroenerghii, 21, 1982.

HLAVICHRA, H. Protecţia împotriva coroziunii a circuitului de abur al blocurilor energetice de putere mare (Antikorrozionaea zaschita parovodeanogo kontura moschinyh enrgoblokov). Informatzionnii biulletenj po elektroenerghii, 21, 1982.

MISHAR, I. ş.a. Probleme privind siguranţa împotriva radiaţiilor la CNE (problemy obespecheniea radiatzionnoi bezopasnosti AES). Informatzionnii biulletenj po elektroenerghii, 21, 1982.

SHTUBNEA, M. ş.a. Aprecierea situaţiei din punctul de vedere al radiaţiilor la CNE în condiţii de avarii (Otzenka radiatzionnoi obstanovki na AES v avariinyh uslovieah). Informatzionnii biulletenj po elektroenerghii, 21, 1982.

GOUGEUIL, J. -C. Pregătirea cadrelor în domeniul reţelelor electrice (La formation dans le domaine des réseaux électriques). Revue Générale de l'Électricité, nr. 11, 1982

CIRE-UARMT-CIMPINA

STR.FLAMUREI NR.26 - JUD.PRAHOVA

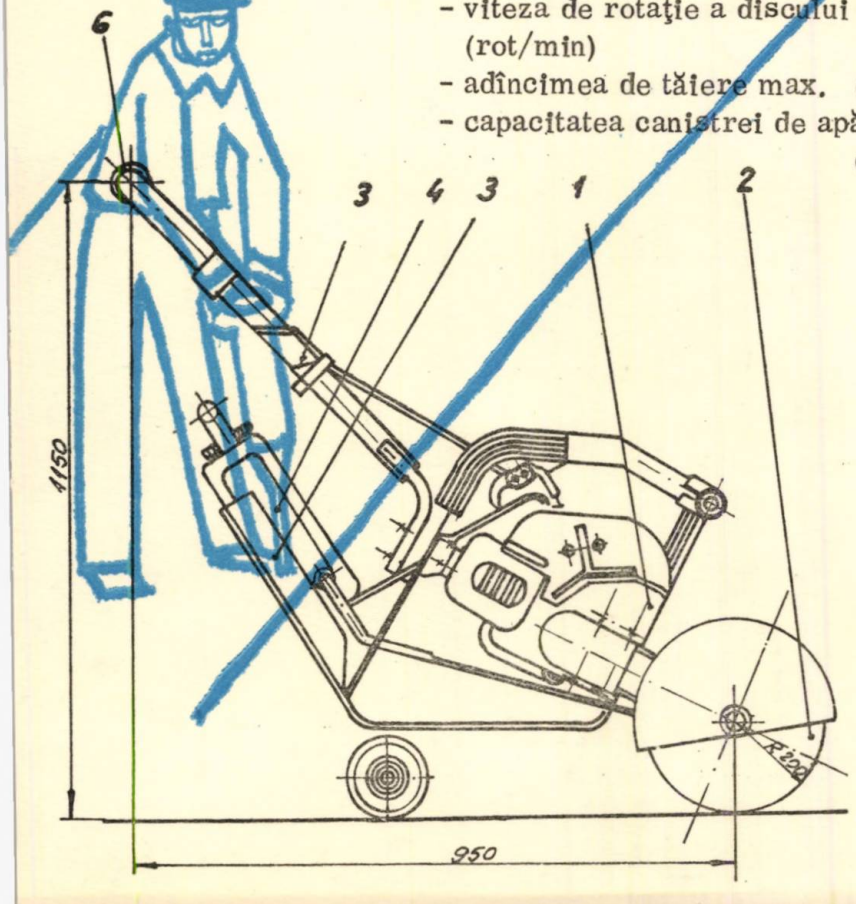
Execută şi livrează :

INSTALATIE MOBILA DE TAIAT ASFALT

Produsul "Instalaţie mobilă de tăiat asfalt" este un utilaj destinat întreprinderilor de reţele electrice ale CIRE, în scopul mecanizării operaţiilor de tăiat îmbrăcămintea asfaltică a drumurilor, atunci cînd este necesară efectuarea de şanţuri pentru pozarea cablurilor. De asemenea, utilajul poate fi folosit şi de către întreprinderile de construcţii din ţară la tăiatul plăcilor din beton sau beton armat. Acest lucru este posibil datorită multifuncţionalităţii utilajului şi performanţelor sale înalte.

Caracteristici tehnice ale produsului

- motorul de acţionare		- RETEZAT F.M. 75-5
- tipul motorului		- monocilindric cu un cilindru orizontal doi timpi
- puterea motorului		- 4-4,5 CP la 7000-7500 rot/min;
- dimensiuni de gabarit (cu cărucior)	(mm)	- înălţime 1150 - lungime 950 - lăţime 350
- masa utilajului fără cărucior	(kg)	- 16
- masa utilajului cu cărucior (fără apă în canistră)	(kg)	- 32
- diametrul discului (abraziv)	(mm)	- 400
- viteza periferică a discului (m/sec) (disc 400 mm)		- 80
- viteza de rotaţie a discului (rot/min)		- 3800
- adîncimea de tăiere max.	(mm)	- aproximativ.125
- capacitatea canistrei de apă	(l)	- 10 - 20 l



1. Motor tip Retezat tip FM 75-5
2. Disc abraziv tăiere
3. Cărucior
4. Canistră
5. Proţap
6. Sistem comandă

ICEMENERG

INSTITUTUL DE CERCETĂRI
ŞI MODERNIZĂRI ENERGETICE
BUCUREŞTI Sect. III • B-dul ENERGETICIENILOR, 8 • Tel. 21.46.30

SISTEMUL INFORMATIC

URMECO

Analiza şi URmărirea
Mersului ECOnomic
al centralelor electrice

OFERĂ

CORECT
RAPID
PRECIS
COMPARABIL
CREDIBIL
COMOD

1983 NOV 3

CALCULUL

- CONSUMURILOR SPECIFICE DE COMBUSTIBIL PENTRU PRODUCEREA ENERGIEI ELECTRICE ŞI TERMICE
- ABATERILOR NOMINALIZATE DE LA FUNCŢIONAREA NORMALĂ, LOCALIZATE PE CAUZE ŞI AGREGATE

- ULTIMELE NOUTĂŢI METODOLOGICE
- TEHNICILE ELECTRONICE DE PRELUCRARE AUTOMATĂ A DATELOR

- CONTINUĂ PERFECŢIONARE ŞI EXTINDERE CU NOI FACILITĂŢI

IN EXPLOATARE CURENTĂ LA

centralele termoelectrice: Rovinari, Turceni, Mintia, Doicesti, Iernut, Fîntînele

centralele electrice de termoficare: Bucureşti-Sud, Borzeşti, Onesti

IN CURS DE GENERALIZARE

LABORATORUL DE PROGNOZĂ, INFORMATICĂ, CONDUCERE şi ECONOMIE ENERGETICĂ

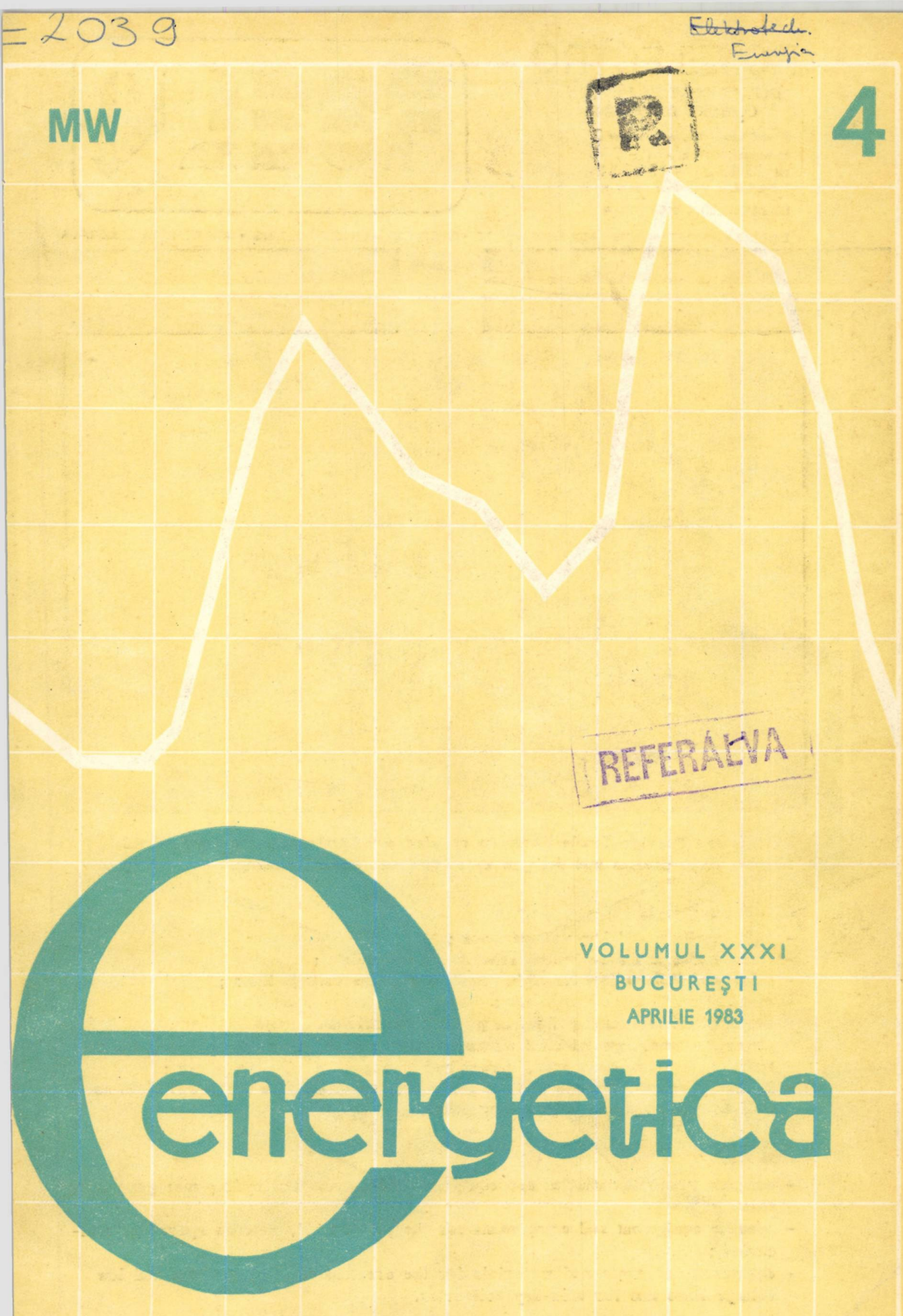
LABORATORUL DE TURBINE ŞI CICLURI TERMICE

=2039

Elektrotehn.
Energia

MW

4



REFERATIVA

VOLUMUL XXXI
BUCUREŞTI
APRILIE 1983

energetica

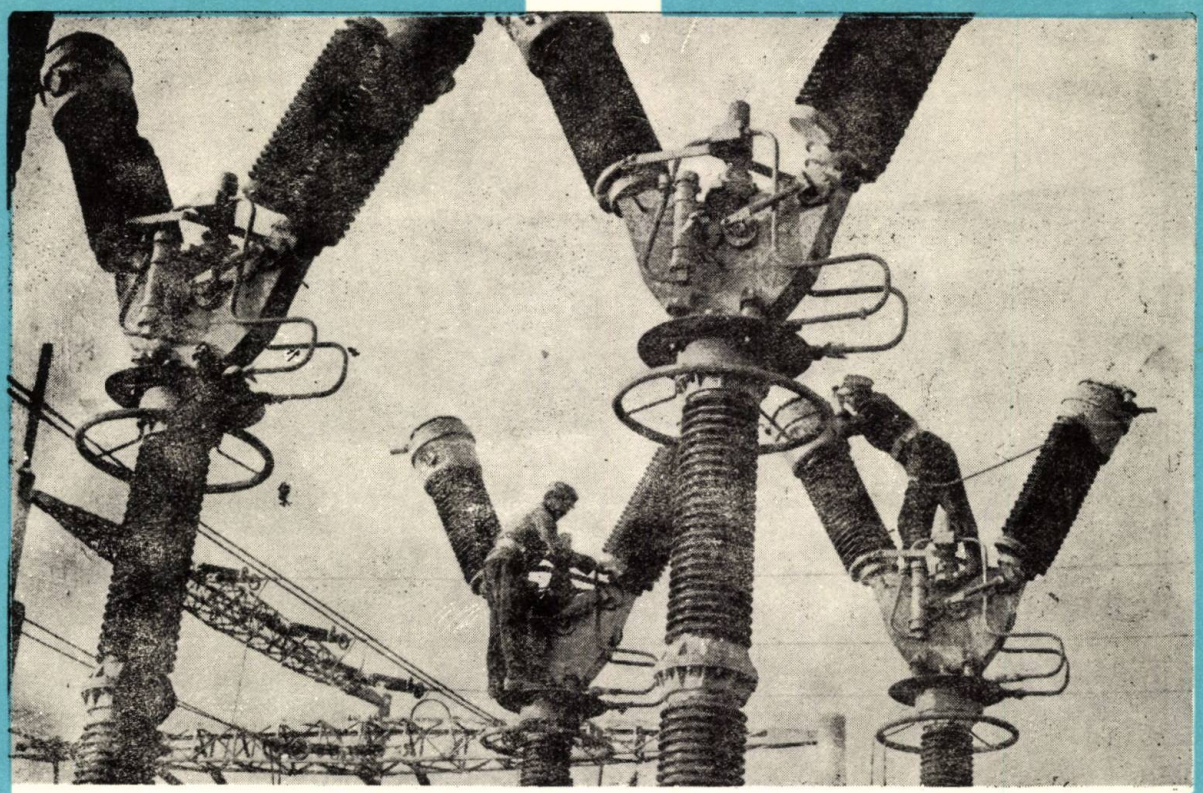
0 6 12 18 24

ROMELECTRO

INTREPRINDERE PENTRU
COMERT EXTERIOR

B-dul Lacul Tei, nr. 1 sector 2
Bucuresti 7000, c. p. 1 – 736
tel 12 13 26 – 12 05 51
TELEX : 10 449 roel r
BUCURESTI – ROMANIA

EXPORT • IMPORT • INSTALATII ENERGETICE • ENGINEERING • CONSULTING • ANTREPRIZA GENERALA



Romelectro Foreign Trade Company carries out services in the power field ranging from studies and designs up to projects commissioning.

EXPORTS :

- high, medium and low voltage lines ;
- transformer and distribution substations and points ;
- poles and fittings for the high, medium and low voltage lines ;
- rural electrification equipment ;
- erection and assembling of power projects carreid out abroad for thermo and hydropower stations, special civil works (cooling towers, chimneys), dams, hydrotechnical constructions etc., export and transport of electric power ;
- studies, designs, technic assistance, expert's accounts in the power field as well as other specific engineering jobs.

IMPORTS :

- complex power installation and equipment for thermo and hydropower generating plants ;
- specific equipment and components for the power field, relevan spare parts included ;
- equipment, apparata and materials for the erection of high, medium and low voltage lines and for turn-key deliveries.

ENERGETICA

ORGAN AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ŞI AL CONSILIULUI NAŢIONAL AL INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN REPUBLICA SOCIALISTĂ ROMÂNIA

SUB ÎNDRUMAREA CONSILIULUI ŞTIINŢIFIC AL INSTITUTULUI CENTRAL DE CERCETĂRI ENERGETICE

COLEGIUL DE REDACŢIE

Dr. ing. **Gh. Bălan** (redactor responsabil adjunct)
Ing. **P. Cartianu**
Ing. **L. Cernuşen**
Ing. **M. M.Dăncilă**
Ing. **H. Furtunescu**
Ing. **N. Georgian**
Dr. ing. **Gh. Luca**
Dr. chim. **Maria Maftei**
Dr. ing. **G. Manolescu**
Ing. **B. Marcu**
Ing. **I. Măiereanu** (redactor responsabil adjunct)
Dr. ing. **Călin Mihăileanu** (redactor responsabil)
Prof. dr. doc. **V. I. Nitu**
Dr. ing. **E. Pavel**
Dr. ing. **T. Popa**
Dr. ing. **C. I. Staicu** (secretar redacţie)

Revista „Energetica" este publicaţie lunară devotată preocupărilor spirituale şi realizărilor materiale în domeniul energeticii.

Redacţia şi administraţia: Bucureşti 74 568, Bd. Energeticienilor, nr. 8, sector 3.
Telefon: 20 67 30 21 46 30

ANUL 31 **4** APRILIE 1983

Cuprinsul

	Pag.
C. Mihăileanu: **30 de ani de la apariţia revistei „Energetica"**	161—163
P. Cartianu: **Cele dintîi periodice din România**	164—165
ARTICOLE	
V. Ghia: **Arderea directă a combustibililor pentru preîncălzirea la temperaturi înalte a oxidantului necesar camerelor de ardere M.H.D.** (cu prezentare în limba engleză)	166—176
E. Cocoş, H. Mărieş şi M. Popescu: **Consideraţii privind posibilităţile de utilizare combinată a filtrelor trece-sus şi trece-bandă în tratarea armonicelor superioare**	176—182
M. Popescu şi Fl. Popescu: **Calitatea energiei electrice livrate. Indici de calitate a tensiunii electrice în prezenţa regimului deformant**	182—189
E. Covar: **Consideraţii privind protecţia maximală de curent temporizată cu blocaj de tensiune minimă**	189—196
SCHIMB DE EXPERIENŢĂ IN EXPLOATARE	
C. Adăscăliţei: **Rezultate obţinute şi măsuri de perspectivă privind reducerea consumului de energie electrică al întreprinderilor din ramura constructoare de maşini**	197—198
INVENŢII-INOVAŢII	198—200
MANIFESTĂRI TEHNICO-ŞTIINTIFICE	200—201
CRONICA	
C. Brătianu: **Sesiunea de comunicări ştiinţifice „Independenţa energetică a României"**	201—204

Revista „Energetica" este editată cu concursul permanent dat de:

chim. **Eleonora Ataman**
dr. ing. **J. Constantineseu**
ec. **Ana Dobre**
ing. **T. Dragomir**
ing **Angela Perea**
dr. ing. **M. Pomârleanu**
dr. ing. **Gh. Popa**
ing. **A. Roșu**
ing. **V. Rugină**
ing. **I. Turcu**

În revista ENERGETICA se publică:

Articole

Informații referitoare la: publicații recente (cărți, reviste), noutăți științifice și tehnice, invenții și inovații, experiență de exploatare, realizări tehnice remarcabile, manifestări tehnico-științifice naționale și internaționale (congrese, conferințe, simpozioane), titluri de articole de specialitate din alte reviste.

Materiale diverse: cronici, recenzii, discuții la articolele publicate, puncte de vedere ale autorilor, concluziile discuțiilor în jurul meselor rotunde.

Revista ENERGETICA este editată și administrată de Institutul de cercetări și modernizări energetice — ICEMENERG.

M. David — șeful Oficiului de informare documentară pentru energetică

Ana Maria Chivu — redactor

Instituțiile pot achita abonamentele în contul de virament nr. 30.11.8.01.01. — BN R.S.R. Fil. sect. 3. Costul unui abonament: 144 lei anual; costul unui exemplar: 12 lei.

Cititorii din străinătate se pot abona la ILEXIM, Departamentul Export-Import Presă, P.O.Box 136—137, telex: 11226, București, str. 30 Decembrie, nr. 3.

Tiparul: Întreprinderea poligrafică „Informația", București, str. Brezoianu 23—25, c 1215.

ANNOUNCEMENTS FOR READERS ABROAD

- **The review „Energetica" can send on request from publications abroad reports translated in one of the worldwide spoken languages**
- **The review „Energetica" proposes a publication exchange with similar reviews and in relating fields**
- **The review „Energetica" provides and publishes or introduces books on energy received at the editorial office. Reviews and presentations of books sent on this purpose to the editorial office can be published as well**
- **The review „Energetica" publishes on request from authors abroad reports on energy or other materials: technical and scientific news, inventions-innovations, information about technical and scientific symposia, etc. written in one of the worldwide spoken languages**

СОДЕРЖАНИЕ

К. Михэйляну: **30 лет со дня появления журнала „Энергетика"** 161—163

П. Картиану: **Первые периодические издания в Румынии** 164—165

В. Гия: **Непосредственное сжигание топлива в целях подогрева при высоких температурах окислителя, необходимого для магнитно-гидродинамических камер сгорания** (с изложением на английском языке) 166—176

Е. Кокош., Х. Мэриеш, М. Попеску: **Соображения, касающиеся возможностей комбинированного использования фильтров верхних частот и полюсных фильтров при подавлении высших гармоник** 176—182

М. Попеску и Фл. Попеску: **Качество поставляемой энергии. Показатели качества напряжения при деформирующем режиме** 182—189

Э. Ковар: **Соображения, касающиеся темпоризированной максимальной токозащиты с блокировкой минимального напряжения** 189—196

ОБМЕН ОПЫТОМ В ЭКСПЛУАТАЦИИ 197—198

ИЗОБРЕТЕНИЯ 198—200

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ПРОЯВЛЕНИЯ 200—201

ХРОНИКА 201—204

INHALTSVERZEICHNIS

C. Mihăileanu: **30 Jahre seit der Herausgabe der Zeitschrift „Energetica"** 161—163

P. Cartianu: **Die ersten Zeitschriften aus Rumänien** 164—165

V. Ghia: **Die direkte Verbrennung der Brennstoffe für die Vorerhitzung auf hohen Temperaturwerten des Oxidationsmittels für MHD Brennkammern** (mit einer Kurzfassung in Englisch) 166—176

E. Cocoș, H. Mărieș und *M. Popescu*: **Betrachtungen über die Verbindungsmöglichkeiten der Hochpass- und Bandpassfilter für die Behandlung der Oberharmonischen** 176—182

M. Popescu und *Fl. Popescu*: **Die Qualität der gelieferten Elektroenergie. Qualitätskennwerte der elektrischen Spannung in Anwesenheit eines Verformungszustandes** 182—189

E. Covar: **Betrachtungen über den zeitverzögerten Strommaximalschutz mit Minimalspannungssperre** 189—196

BETRIEBSERFAHRUNGSAUSTAUSCH 197—198

ERFINDUNGEN-ERNEUERUNGEN 198—200

WISSENSCHAFTLICH-TECHNISCHE VERANSTALTUNGEN 200—201

CHRONIK 201—204

SOMMAIRE

C. Mihăileanu: **30 ans dès la parution de la revue „Energetica"** 161—163

P. Cartianu: **Les premiers périodiques en Roumanie** 164—165

V. Ghia: **Combustion directe des combustibles utilisés dans le préchauffage aux températures élevée de l'oxydant nécessaire aux chambres de combustion M.H.D.** (presentation en englais) 166—176

E. Cocoș, H. Mărieș și *M. Popescu*: **Considération sur les possibilités d'utilisation combinée des filtres passebande et des filtres passe-haut dans le traitement des harmoniques supérieurs** 176—182

M. Popescu și *Fl. Popescu*: **La qualité de l'énergie électrique fournie. Indices de qualité de la tension électrique en présence du régime déformant** 182—189

E. Covar: **Considérations sur la protection à maxima de courant temporisée par le blocage de tension minimum** 189—196

ECHANGE D'EXPERIENCE EN EXPLOITATION 197—198

INVENTIONS-INNOVATIONS 198—200

MANIFESTATIONS TECHNICO-SCIENTIFIQUES 200—201

CHRONIQUE 201—204

SUMMARIES

C. Mihăileanu : **30 years Since the First Issue of the Review „Energetica"** 161–163

P. Cartianu : **The First Periodicals of Romania** 164–165

DC 662.6 ; 536.6

V. Ghia : **High Temperature Preheating of the Oxidizer for MHD Combustors by Direct Fuel Combustion**

The procedure of high temperature preheating of the oxidizer required by the MHD combustors is studied by the direct combustion of a fuel with intensely preheated comburant. A method is suggested for the calculation of the oxygen consumed through combustion and of the composition of the oxidizer which is applied to methane and fuel oil combustion. The calculation diagrams drawn up show the domain where this procedure can be advantageously applied. The effect of the oxidizer high-temperature preheating on the fuels combustion will be also presented.

Energetica 31 (1983), nr. 4, p. 166–176

DC 612.014.425 ; 612.317.333.4

E. Cocoş, H. Măriej and *M. Popescu* : **Considerations Regarding the Possibilities to Use Joint High-Pass and Band-Pass Filters for Treating Superior Harmonics**

The paper presents the main characteristics of absorbant high-pass filters used in the superior harmonics treatment techniques while for one of the variants (condenser connected in series with an oscillating L-C circuit) an original dimensioning method is presented. The possibilities to use this filter type in combination with inseriated resonant circuits within the same compensation and filtering installations are presented. There result advantageous technical and economic possibilities as compared to usual schemes mainly for deforming installations with a large and aleatory spectre of the generated harmonics.

Energetica 31 (1983), nr. 4, p. 176–182

DC 621.3.016.4

M. Popescu and *Fl. Popescu* : **The Quality of Delivered Electric Power. Quality Indices of the Electric Voltage in the Presence of a Deforming Regime**

Based upon revieWed Romanian standards and original research results and information, the authors propose the items for a Romanian standard concering the quality of the delivered electric poWer. Emphasis is put on the quality indices of the electric voltage in deforming regime and the technical and economic stages to be stepped on for the introduction of a quality control of the delivered electric poWer.

Energetica 31 (1983), nr. 4, p. 182–189

DC 621.316.925

E. Covar : **Considerations Regarding Maximal Time Delayed Current Protection with a Minimal Voltage Interlocking**

A method for calculating the real value of the starting current of an overcurrent time-delayed protection with a minimum voltage interlocking is presented. The character of phase-sensitive protection is underlined. It is demonstrated that this protection is practically equally sensitive to the symmetrical and unsymmetrical shortcircuits. The little utility of the minimum voltage interlocking is shoWn.

Energetica 31 (1983), nr. 4, p. 189–196

OPERATION EXPERIENCE EXCHANGE 197–198

INVENTIONS-INNOVATIONS 198–200

TECHNICAL SCIENTIFIC SYMPOSIA 200–201

CHRONICS 201–204

30 de ani de la apariţia revistei „Energetica"

Se împlinesc anul acesta 30 de ani de la apariţia revistei Energetica. În cursul acestor trei decenii, sectorul industriei energiei electrice şi termice s-a dezvoltat intens, sub îndrumarea şi conducerea permanentă a Partidului Comunist Român. Astfel, la începutul acestui an, puterea instalată în centralele electrice şi termice a atins nivelul de circa 17 000 MW, iar reţelele de înaltă tensiune de 400, 220 şi 110 kV însumează o lungime totală de 25 000 km. Producţia de energie electrică a depăşit 70 TWh în anul 1982, contribuind la asigurarea întregii activităţi productive a ţării, în principal a producţiei industriale. S-au extins sistemele de termoficare, multe din centralele electrice fiind şi furnizoare de căldură. Producţia combinată de energie electrică şi căldură, a devenit o tehnologie curentă în noile centrale realizate sau proiectate, aceasta avînd efecte pozitive asupra economiei de energie primară.

A crescut producţia de energie electrică în centralele care funcţionează cu cărbune ; toate proiectele de centrale electrice au în vedere acum ca energie primară cărbunele inferior sau şisturile bituminoase şi deşeurile combustibile. De asemenea, se extinde utilizarea potenţialului hidroenergetic pînă la limitele economice, în acest scop cooperîndu-se cu ceilalţi utilizatori ai apelor.

Toate aceste realizări au influenţat şi contribuie în continuare la creşterea nivelului de viaţă în România.

Între mijloacele care au contribuit la această dezvoltare sînt şi publicaţiile ştiinţifice şi tehnice de specialitate, aceşti vectori valoroşi ai contribuţiilor specialiştilor la dezvoltarea tehnicii şi ştiinţei româneşti.

Trebuie să menţionăm periodicul „Studii şi Cercetări Energetice" care a publicat, începînd cu anul 1951, rezultatele cercetărilor Institutului de Energetică al Academiei R.P.R. În anul 1962 publicaţia s-a scindat în două serii paralele : seria A „Energetică Generală şi Electroenergetică" şi seria B „Termoenergetică şi Utilizarea Generală a Combustibililor". Revistele, care au inserat în sumarele lor lucrări valoroase, şi-au încetat apariţia odată cu desfiinţarea Institutului de Energetică.

De asemenea, trebuie amintită publicaţia „Revue Roumaine des Sciences Techniques", editată de Academia R.S.R. pe specialităţi, între care şi Série Électrotechnique et Énergétique, cu apariţie din 1955.

În cadrul Ministerului Energiei Electrice au apărut o serie de periodice ca : „Buletinul Institutului de Studii şi Proiectări Energetice" (din 1955), „Producerea, Transportul şi Distribuţia Energiei Electrice" (din 1968), „Construcţii şi Montaje Energetice" (din 1968), precum şi „Studii şi Cercetări în Energetică" (din 1970), publicaţiile fostei întreprinderi IRME şi altele.

Dintre aceste periodice un rol deosebit l-a avut revista „Energetica". Această publicaţie, care apare lunar din 1953, a continuat activitatea revistei Electricitatea, apărută în iulie 1947 şi care, la sfîrşitul anului 1952, a fost scindată în două reviste : „Energetica" şi „Electrotehnica", ca urmare a necesităţii de aprofundare a specialităţilor. Organ al Ministerului Energiei Electrice şi al Consiliului Naţional al Inginerilor şi Tehnicienilor din Republica Socialistă România, „Energetica" apare în prezent sub îndrumarea Consiliului Ştiinţific al Institutului Central de Cercetări Energetice şi este condusă de un colegiu de redacţie.

Revista s-a axat de la început pe problemele esenţiale ale electroenergeticii româneşti. În cursul celor 30 de ani, în circa 15 000 de pagini al căror conţinut a fost realizat cu colaborarea a peste 500 de specialişti, revista a reflectat impetuoasa dezvoltare energetică a ţării şi a ţinut o legătură permanentă între energeticienii de diferite specialităţi.

Energetica a contribuit la formarea şi menţinerea unui climat de emulaţie entuziastă şi eficientă, în scopul aplicării politicii energetice a Partidului, stăruind, în special, asupra următoarelor aspecte :

— folosirea cît mai raţională a energiei ;

— creşterea producţiei de energie electrică pe baza cărbunilor inferiori şi a şisturilor bituminoase ;

— reducerea consumurilor specifice tehnologice în exploatarea centralelor şi reţelelor electrice ;

— colaborarea cu industria constructoare de mașini în scopul proiectării și realizării de utilaje cu randamente bune și cu fiabilitate ridicată fără a se apela la import;

— valorificarea surselor energetice rezultate din procesele industriale și deșeurile energetice;

— organizarea conducerii prin dispecer a sistemului electroenergetic;

— reducerea consumurilor specifice energetice în industrie etc.

Revista a avut, de asemenea, o contribuție deosebită în popularizarea și difuzarea noului, în cunoașterea și generalizarea invențiilor și inovațiilor.

Se poate spune că prin subiectele lor, multe articole au devansat etape ale cercetărilor de perspectivă, publicînd anticipat date referitoare la tehnici energetice noi, de exemplu energia nucleară (căreia i s-au consacrat multe articole și chiar întreg numărul 9/1967), resursele noi și reînnoibile (nr. 1/1975, nr. 6/1979, nr. 5—6/1980, nr. 4/1981), valorificarea deșeurilor urbane (nr. 11—12/1975, nr. 4/1980), tensiunile foarte înalte (nr. 1/1973, nr. 9/1973, nr. 8—9/1974), pompele de căldură (nr. 4/1982) etc.

De asemenea, „Energetica" a făcut loc în paginile sale studiilor de prognoză științifică, dintre care sînt de menționat: Modelul de programare liniară pentru previziunea dezvoltării centralelor electrice, înserat în nr. 8, 9 și 11/1968; Perspective ale dezvoltării consumului de energie al municipiului București, în nr. 5—6/1975; Energia în următoarele trei decenii nr. 5—6/1978; Suportul energetic al viitorului în nr. 5/1979; Reuniunea ONU privind energetica mondială în deceniul al 9-lea, în nr. 6/1982.

A făcut cunoscut, prin publicarea de monografii, multe dintre obiectivele energetice realizate, îndeosebi centrale hidroelectrice și termoelectrice, stații și linii electrice de înaltă tensiune. Nu au fost omise nici alte realizări, ca de exemplu laboratorul de încercări de mare putere și laboratorul de înaltă tensiune al ICEMENERG (nr. 1/1973).

A cuprins în paginile ei rezultatele a numeroase și variate cercetări și studii elaborate cu scopul de a da soluții sau de a îmbunătăți modul de soluționare a unor probleme energetice apărute la instalațiile existente sau care se vor aplica la instalații viitoare.

În paginile revistei și-au găsit loc mai larg subiectele de actualitate, care prezintă interes deosebit:

— Tratamente și condiții de ardere ale combustibililor, îndeosebi celor inferiori, în cazanele de abur, în vederea unor soluții ameliorate (nr. 7/1973, nr. 8/1973, nr. 10/1973, nr. 3/1974, nr. 5/1974, nr. 3—4/1975, nr. 5—6/1975, nr. 9/1976, nr. 5/1979, nr. 5/1981, nr. 6—7/1981, nr. 11—12/1981, nr. 6/1982, nr. 7/1982).

— Ameliorări în structura centralelor pe cărbune (nr. 6—7/1981, nr. 8/1981).

— Aspecte de fiabilitate și de siguranță a instalațiilor, domeniu în care cercetarea românească a adus o contribuție importantă, recunoscută și pe plan mondial (nr. 3/1972, nr. 1/1973, nr. 3/1973, nr. 6/1973, nr. 10/1973, nr. 4/1974, nr. 6/1974, nr. 3/1978, nr. 5/1979, nr. 1—2/1980, nr. 5—6/1980).

De asemenea, au fost prezentate variate aspecte privind problemele electrice și de automatizare.

Revista a acordat atenție problemelor referitoare la tehnologia construcțiilor și montajului instalațiilor energetice, înserînd mai ales studii de organizare științifică a desfășurării activității pe șantiere. De asemenea, au fost stimulate discuțiile privind experiența dobîndită în exploatare, reflectîndu-se pozitiv, dar uneori și negativ, unele soluții date la conceperea sau la execuția obiectivelor energetice.

A manifestat preocupare pentru aspectele ecologice, publicînd mai multe articole privitoare la: amenajările hidro (nr. 5/1974, nr. 11—12/1975), poluarea produsă de centralele termoelectrice (nr. 1/1972, nr. 3/1973, nr. 1/1976, nr. 2/1976, nr. 4/1976), efectele liniilor de înaltă și foarte înaltă tensiune (nr. 3/1982).

A difuzat informații în legătură cu activitatea și conținutul simpozioanelor, reuniunilor și conferințelor organizate în țară în domeniul energeticii.

A informat permanent cititorii asupra evoluției energetice în diferite țări, a publicat sinteze asupra aspectelor majore ale energeticii mondiale și a rezervat numeroase pagini reuniunilor cu caracter internațional, unora consacrîndu-li-se chiar un număr al revistei. Astfel, nr. 7/1968 prezintă simpozionul asupra problemelor privind alimentarea cu căldură și energie electrică a marilor complexe industriale, organizat de Comisia Economică pentru Europa a ONU și ținut la București în anul 1963.

În nr. 6/1969 este prezentată a VII-a sesiune plenară a Conferinței Mondiale a Energiei — Moscova, 1968 — „*Resursele mondiale de energie și utilizarea lor în folosul omenirii*".

Celei de-a VIII-a sesiuni a Conferinței Mondiale a Energiei-București — 1971 — „*Progrese în valorificarea energiei, în special prin utilizarea ei complexă*" i se consacră nr. 6 din 1971.

În sfîrșit, „*A IX-a Conferință internațională de energetică industrială*" — București, 1978, este prezentată în nr. 11—12/1978.

Este regretabil că asemenea consemnări largi nu s-au mai făcut pentru sesiunile Conferinței Mondiale a Energiei care au urmat la : Detroit, Istambul și München.

Evidențiind activități și realizări ale unor personalități care au activat în energetică, revista a desfășurat, de asemenea, și o muncă educativă.

Parcurgînd retrospectiv materialele publicate în „Energetica", se constată că multe dintre ele pot fi recitite cu interes, referindu-se la probleme și rezolvări care au rămas în actualitate, unele constituind documentări care nu pot fi neglijate și, în sfîrșit, altele, care marchează situații existente la anumite epoci, prezintă interes istoric-energetic.

Activitatea desfășurată de „Energetica" a fost susținută permanent de conducerea Ministerului Energiei Electrice, care a sprijinit revista material, moral și practic, prin îndrumările și indicațiile date.

Energeticienii și-au sprijinit revista mai ales în ultimii ani, printr-o participare susținută cu articole.

Preocupați de ridicarea nivelului „Energeticii" considerăm că sînt necesare acțiuni care să-i lărgească sfera de interes, venind în întîmpinarea cerințelor diferitelor categorii de specialiști.

În acest scop revista trebuie :

— să se situeze cît mai mult în actualitatea energetică ;

— să stimuleze dezbaterea tehnico-științifică prin înserarea de răspunsuri la anumite puncte de vedere exprimate în articolele publicate ;

— să acorde un spațiu mai larg realizărilor energetice, prezentate nu numai în stadiul lor final, ci și în dinamica executării, începînd chiar de la proiectare, ceea ce ar permite semnalarea dificultăților, a soluțiilor care au apărut, a situațiilor neprevăzute ;

— să organizeze publicarea de sinteze care să reflecte nivelul tehnicii în diferite specialități energetice ;

— să caute colaborări pentru subiecte mai puțin tratate în trecut ;

— să organizeze inserarea de informații care să constituie o cronică a realizărilor energetice.

În ceea ce privește elaborarea articolelor este de recomandat :

— să se evite didacticismul, manifestat prin prezentarea întregului lanț de relații matematice pentru demonstrarea valabilității rezultatelor ;

— aspectele care interesează o sferă mică de cititori să fie expuse limitat, detalii putînd fi cerute direct de la autori.

Propunîndu-ne aceste îmbunătățiri, sperăm că vom avea sprijinul energeticienilor, la care facem apel pentru o colaborare cît mai largă și cît mai substanțială.

Dr. ing. Călin Mihăileanu
— redactor responsabil —

Cele dintîi periodice din România

Ing. Paul Cartianu*

Cu peste 60 de ani în urmă, în ianuarie 1921, a apărut în România primul periodic energetic, purtînd numele „Energia — Revistă pentru popularizarea tehnicei", înfiinţată de Dimitrie Leonida, inginer electrician, pe atunci Directorul Şcolii Comunale de Electricieni şi Mecanici, înfiinţată, de asemenea, de dînsul.

Influenţat de dezvoltarea industrială, unită cu începuturile de electrificare, din primele decenii ale secolului XX, în ţările occidentale, entuziast şi doritor de realizări similare în România, Dimitrie Leonida s-a consacrat acestor obiective, iar acţiunile pe care le-a desfăşurat le-a pus sub emblema „Energia". Acest nume l-a dat, de altfel, şi primei întreprinderi de producere a echipamentului electrotehnic, al cărui iniţiator a fost în 1913, şi apoi revistei apărută în 1921.

Deşi destinată aspectelor tehnice, revista a făcut loc în paginile ei şi aspectelor sociale. În „Programul revistei noastre" din numărul 1, Dimitrie Leonida scria: „energia înseamnă muncă şi tocmai dragostea de muncă dorim să o propovăduim noi".

Cu toate intenţiile bune, Energia a avut o apariţie scurtă, de numai un an, însumînd 721 de pagini, în care principalele articole privind dezvoltarea energetică au fost: Electrificarea României, inclusiv Electrificarea Căilor Ferate, (p. 207—349), Canalul Argeş—Bucureşti-Dunăre (p. 699—721) şi Legea Apelor (p. 544—562).

Articolele constituiau o pledoarie documentată pentru electrificarea ţării, în acest scop fiind enunţat primul plan de electrificare (p. 339—347), estimîndu-se necesităţile totale ale ţării la 2,4 milioane CP, repartizate astfel: cîte un milion CP pentru industrie şi agricultură, 300 000 CP pentru căi ferate şi 100 000 CP pentru comune.

Ca surse pentru producerea de energie electrică, într-o primă etapă erau prevăzute: centrale hidroelectrice (la Porţile de Fier, 300 000 CP, pe rîuri din Banat şi Transilvania, pe Bistriţa-Bicaz de 150 000 CP, pe Trotuş şi Olt) şi centrale termoelectrice (pe gaze naturale, în Transilvania, şi pe cărbuni la Comăneşti în Muscel şi Dîmboviţa).

Suprareţeaua electrică urma să funcţioneze la 120 kV şi 70 kV.

Studiul se încheia astfel: „Credem că orice întîrziere în electrificarea României ar fi o greşeală ce nu ni s-ar putea ierta, căci destul am aşteptat pînă acum şi a sosit vremea cînd numai faptele să dovedească adevărata noastră iubire de patrie" (p. 347).

Între anii 1922, 1923 şi 1934 problemele energetice au fost tratate în revistele de tehnică generală ale epocii, mai ales în „Buletinul Societăţii Politehnice" şi în „Buletinul Asociaţiei Generale a Inginerilor din România" — AGIR.

În buletinul acestei asociaţii s-au publicat primele rapoarte şi dezbateri privind perspectivele dezvoltării energetice a ţării, care au fost susţinute în cel mai cuprinzător for ingineresc din acea vreme, congresele AGIR: primul la Iaşi între 9—12.10.1921, al doilea la Timişoara între 1—3.10.1922 şi al treilea la Bucureşti în noiembrie 1923.

În felul acesta se difuza interesul pentru electrificarea ţării, ale cărei baze legale au fost prevăzute în prima lege a energiei din 1924.

Anul 1933 înscrie evenimentul important al existenţei a două periodice consacrate aspectelor energetice: „Buletinul Institutului Român de Energie-IRE" şi „Buletinul Asociaţiei generale a Producătorilor şi Distribuitorilor de Energie Electrică din România" — APDE (apărut din octombrie 1932).

„Buletinul IRE" a avut o apariţie trimestrială timp de 12 ani, pînă în 1944, cumulînd anual circa 1000 de pagini, într-o prezentare editorială deosebit de îngrijită.

La înfiinţarea Institutului de Energie, în 1926, iniţiator fiind profesorul C. Buşilă, secondat de profesorul (ulterior academician) C. I. Budeanu, baza de date şi de studii din ţară asupra posibilităţii utilizării lor era foarte restrînsă.

Promotorii IRE, animaţi de dorinţa de realizări importante în ţară, erau convinşi că politica energetică înscrisă în legea energiei din 1924 (în baza prevederilor progresiste ale constituţiei din 1923, care naţionaliza cursurile de apă şi subsolul) nu putea fi pusă în aplicare decît după ce vor fi existat studii şi proiecte aprofundate, care să cuprindă coordonat toate aspectele.

Această sarcină şi-a asumat-o Institutul Român de Energie, care a atras în acţiune un mare număr de specialişti, realizînd în curs

* Paul Cartianu este inginer la I.S.P.E.

de 17 ani : colectarea de date documentare, studii și anteproiecte în toate domeniile energeticii, prescripții, participări la activitatea organizațiilor internaționale cu caracter energetic etc.

Căile de afirmare a activității au fost în principal : cicluri de conferințe urmate de dezbateri, constituirea unei vaste biblioteci energetice prin publicarea unui mare număr de lucrări și participare la acțiuni energetice întreprinse de organele publice.

O extindere importantă a activității a constituit-o editarea „Buletinului", începînd din 1933.

În principal „Buletinul" era destinat să publice articole ale membrilor IRE, conferințele, ținute cu regularitate, axate, în general, pe anumite teme împreună cu dezbaterile foarte adesea ample și punînd în discuție probleme controversate, dări de seamă ale lucrărilor efectuate în organismele din cadrul IRE (comitetele de organizare a participării la conferințele internaționale, comitetul electrotehnic român, comitetul hidrotehnic).

De multe ori s-au publicat articole ale unor specialiști de renume mondial, în limba în care au fost scrise : Paul Janet, Luigi Lombardi, Reinhold Rüdenberg, A. F. Engström, E. Brylinski etc.

Fiecare număr se încheia cu „Note" în care se reflectau evenimente energetice din țară și străinătate.

Dintre obiectivele și problemele tratate, multe au ajuns în timp în faza finalizărilor, iar, dintre studiile publicate, unele au fost de interes internațional (îndeosebi cercetările și studiile profesorului academician Constantin Budeanu, relativ la puterea reactivă și regimul deformant).

„Buletinul Asociației Generale a Producătorilor și Distribuitorilor de Energie Electrică din România" (APDE), cu continuitate de apariție de la volumul I (1932/1933) pînă la volumul XI (1943), însumînd 2556 pagini, a reflectat activitatea Asociației, care avea ca scop principal propulsarea dezvoltării electrificării prin generalizarea aplicării de măsuri tehnice, organizatorice și de gospodărire. APDE a fost și purtătoarea de cuvînt a activității de producere și distribuție a energiei electrice față de organele de stat și față de industria consumatoare. Pentru intercomunicare și unificarea unor măsuri, APDE a ținut congrese de studiere și dezbatere a problemelor. Tot APDE a organizat reprezentarea României în Union Internationale des Producteurs et Distributeurs d'Energie Electrique-UNIPEDE, participînd cu comunicări la congresele acestui organism.

Înființarea Asociației, condusă de profesor ing. I. Ștefănescu Radu și avînd secretariatul asigurat timp de mai mulți ani de ing. P. Dimo și ing. P. Cartianu, s-a datorat inițiativei celei mai importante întreprinderi producătoare și distribuitoare de energie electrică din acea vreme, Societatea Generală de Gaz și Electricitate din București, care a fost și principala susținătoare a funcționării asociației.

Pe lîngă publicarea de articole tehnice privind problemele imediate ale producerii și distribuției energiei electrice „Buletinul APDE" a furnizat și o cronică detaliată a tuturor evenimentelor din acest sector de activitate, realizînd astfel o intercomunicare între întreprinderi.

Concluzii

În sinteză, toate cele trei periodice menționate au fost în slujba dezvoltării energetice a țării, militînd pentru electrificarea generală a României.

Ele au realizat, în principal, un climat de tratare cu seriozitate a realizărilor energetice ale țării și au stimulat studii și anteproiecte privind practic, totalitatea problemelor energetice.

În felul acesta au contribuit la formarea energeticienilor, care și-au dat măsura posibilităților la marile realizări socialiste de după 1950.

High Temperature Preheating of the Oxidizer for MHD Combustors by Fuel Direct Combustion

(Condensed from the paper in Romanian)

V. V. Ghia, D. Sc.

Generalities

The MHD combustors require the high temperature preheating of the oxidizer used for fuel combustion, both for obtaining the plasma at high temperatures and the intensification of combustion reactions. The preheating of the oxidizer at temperatures of 1700°C and higher was achieved with ceramic regenerators of the Cowper blast furnace type. The use of these preheaters for the MHD commercial plants still has many and important disadvantages, that will be shown in the second section of the paper. Therefore, the procedure of oxidizer preheating at high temperatures was experimentally applied by fuel direct combution with air and addition of oxygen [1]. This way the decrease of the oxygen content due to fuel combustion is counterbalanced or even the oxidizer is enriched with oxygen above the value corresponding to the oxygen content in the atmospheric air. The main disadvantages of this procedure are the consumption of oxygen and the introduction in the combustor of some products of the fuel direct combustion which vitiate and dissociate more intensely than nitrogen and oxygen in the atmospheric air.

To prevent the excessive consumption of oxygen, the preheating at relatively high temperature of the comburant used for the fuel direct combustion is recommended.

1. The disadvantages of cowpers in air preheating at high temperatures

The Cowper type ceramic regenerators, usually used with blast furnaces, preheat the air at temperatures of 1200—1400°C and use mixtures of gas fuels. The lower caloric power of the resulted gas fuel burnt in furnaces is generally not over 180.000 kJ/kmole. The use of the cowpers of special construction for the preheating of the oxidizer at temperatures of 1700—2000°C is a problem yet unsolved for the commercial MHD plants.

The main disadvantages concern :

— the very high cost of the oxidizer preheating equipment, as at least three cumbersome cowpers should be realized, which require high quality suprarefrectory materials ;

— the necessity of some high-temperature switchover valves resistant at high temperatures and tight at relatively high pressures, with significant troubles in operation ;

— the neccessity of operation with high quality fuels that will be burnt with preheated air, to obtain the high combustion temperature, necessary to get rationally sized cowpers.

Due to the increase of the crisis of energy and materials, the latter shortcoming mentioned gets higher the cost price of the oxidizer produced.

To elucidate this matter we shall make theoretical considerations.

The construction of the matrix of spherical pebbles increases much the coefficient α_{gm} and the heat transfer surface decreasing the time τ_m.

The lack of verifications in the operation for a long time of the matrix of spherical pebbles did not allow the application of this type of matrix with the MHD commercial plants.

It can be estimated that by using methane as a fuel in cowpers, the rise of the oxidizer preheating temperature at 2000°C requires the preheating of the air required for methane combustion at minimum 600°C.

2. Calculation of oxigen consumption and of oxidizer composition

The temperature of the gases that result from the fuel combustion can be obtained accurately enough from the relation :

$$\theta_g = \frac{P_{ci} + nL_0 i_a - Q_{dis} - Q_p}{\Sigma V_g c_g} \tag{5}$$

where

$$\Sigma V_g c_g = V_{CO_2} c_{CO_2} + V_{H_2O} c_{H_2O} + V_{N_2} c_{N_2} + V_{O_2} c_{O_2} \tag{6}$$

Calculations of the combustion products are based on the assumption that combustion is complete.

When the burnt fuel composition and the temperature that should be obtained θ_g are given, the coefficient n that allows the determination of combustion gases composition results from rel. (5). To exemplify, we shall calculate in the case of complete combustion of methane and of the fuel oil with the following main characteristics : $C = 87\%$, $H = 11.4\%$, $S = 0.5\%$, $0 = 1.1\%$ and $P_{ci} = 41.200$ kJ/kg.

In a first approximation, Q_{dis} has been neglected and we took $Q_p = 0.01\ P_{ci}$.

In Fig. 2 the curves $n = f(t_a)$ were drawn for two values of the combustion gases temperature $\theta_g = 1500$°C and respectively 1700°C, when the mentioned methane and fuel oil are burnt.

It can be noticed that :

— for the same temperature of the preheated air t_a the same temperature θ_g is obtained by fuel oil combustion with an air excess higher then that obtained in the case of methane combustion ;

— for the same temperature t_a, the difference between n for the combustion of fuel oil and methane are relatively small and slightly increase with the increase of temperature t_a ;

— function of the temperature value θ_g which keeps constant, there is a relatively slow growing area of the coefficient n at the same time with the rise of temperature t_a ;

In Fig. 3 the curves $V'_{O_2} = F(n)$ were graphically drawn for fuel oil and methane. We can remark that :

— for the same n, V'_{O_2} has higher values for crude oil and up to $n \cong 2$, the differences between V'_{O_2} for fuel oil and V'_{O_2} for methane are not significant ;

— for smaller values n, the procentual content of oxygen V'_{O_2} strongly increases at the same time with n.

combustion with preheated air and with preheated oxygen enriched air.

In order that in the gases resulted from the fuel combustion to find q percents of oxygen, where $q > V'_{O_2}$, it is necessary that at the combustion of the fuel unity to supplementary introduce the quantity $V_{O_{2S}}$. So, it results that :

$$q = \frac{V_{O_2} + V_{O_{2S}}}{\Sigma V_g + V_{O_{2S}}} \tag{7}$$

where

$$\Sigma V_g = V_{CO_2} + V_{H_2O} + V_{N_2} + V_{O_2} + \cdots \tag{8}$$

From rel. (7) it results that

$$V_{O_{2S}} = \frac{0{,}01\, q \Sigma V_g - V_{O_2}}{1 - 0.01\, q} \tag{9}$$

In the case of the fuel direct combustion with supplementary oxygen $V_{O_{2S}}$, such that the products of the complete combustion to contain q percents of oxygen, the temperature of the gases resulted from the combustion is obtained from relation :

$$\theta_{go} = \frac{P_{ci} + nL_0 i_a + V_{O_{2S}} i_{O_2} - Q'_{dis} - Q'_p}{\Sigma V_g c_g + V_{O_{2S}} c_{O_2}} \tag{10}$$

The application of rel. (10) is correct for $n \geqslant 1$.

In Fig. 4 there were drawn the families of curves $V_{O_{2S}} = \varphi(n, q)$ for the methane and fuel oil considered, on the basis of the relations deduced from rel (9)

$$V_{O_{2Sm}} = \frac{0.01\, q(1 + 9.52\, n) - 2n + 2}{1 - 0.01\, q} \tag{11}$$

$$V_{O_{2Sh}} = \frac{0.01\, q(0.63165 + 10.8373\, n) - 2.2758\, n + 2.2758}{22.41 - 0.2241\, q} \tag{12}$$

From Fig. 4 it results that :

— for $q = 21\%$, $V_{O_{2S}}$ varies slightly with n ;

— $V_{O_{2S}}$ increase directly proportional with n for $q > 21\%$;

— for n constant the increase of the magnitude $V_{O_{2S}}$ the higher in the value of q.

In Fig. 5, for $q = 21\%$, the variation curves were drawn of the percentual contents of CO_2, H_2O, N_2 of the gases obtained by methane combustion, function of the mixture temperature t_{ao} between the combustion air and supplementary oxygen, when $\theta_{go} = 1700°C$.

Thus, it results that for $t_{ao} = 1300°C$, $V'_{H_2O} = 2\%$, $V'_{CO_2} = 1\%$ and $V'_{N_2} = 76\%$, when $\theta_{go} = 1500°C$ and $V_{H_2O} = 4.2\%$ $V'_{CO_2} = 2.1\%$; $V_{N_2} = 72.7\%$ when $\theta_{go} = 1700°C$.

Also for $q = 21\%$, in Fig. 6 there were presented the variation curves of the percentual contents of CO_2, H_2O and N_2 from the gases obtained through the fuel oil combustion function of the mixture temperature t_{ao}, when $\theta_{go} = 1500°C$, respectively 1700°C.

So, it results that for $t_{ao} = 1300°C$, $V'_{H_2O} = 11\%$, $V_{CO_2} = 14\%$ and $V'_{N_2} = 76.5\%$, when $\theta_{go} = 1500°C$ and $V'_{H_2O} = 2.23\%$, $V'_{CO} = 2.85\%$, $V'_{N_2} = 73.92\%$, when $\theta_{go} = 1700°C$.

By comparing the results obtained for $\theta_{go} = 1700°C$ and $t_{ao} = 1300°C$, we can draw the conclusion that from the fuel oil combustion it result the dissociable products CO_2 and H_2O in a smaller proportion than in the case of methane combustion.

The low values of the magnitudes V'_{CO_2} and V'_{H_2O} indice a slight increase of the dissociation heat of the combustion products in the MHD combustor when it works art pressures of 9—10 bars.

The percentual content of oxygen in the oxygen enriched air v_{O_2} is :

$$v_{O_2} = \frac{0.21\,(\Sigma V_g + V_{O_{2S}})}{\Sigma V_g - 2.7619\, V_{O_{2S}}} \tag{13}$$

For a certain fuel used at the preheating of the oxidizer by direct combustion, both ΣV_g and $V_{O_{2S}}$ are function of the coefficient n.

For instance, at the oxidizer preheating by the fuel oil direct combustion, for which previous calculations at $q = 21\%$ were made, we deduce :

$$v_{O_2} = \frac{2.2757n + 0.7743}{10.8384n - 7.7848}\ 100 \tag{14}$$

On the basis of some relations of the form (14) in Fig. 7 there were drawn the variation curves $V_{O_2} = \psi(n)$ for the direct combustion of the fuel oil, methane and hydrogen. Practically, the combustion of fuel oil does not differ from that of methane. A small difference appears in the case of hydrogen combustion.

It should be noticed that, at relatively small values for n, V_{O_2} varies significantly at the same time with the variation of n. Starting from $n \approx 5$, the variation of the magnitude V_{O_2} with n is reduced.

As for the preheating of the oxidizer by the fuel direct combustion it is convenient for $V_{O_{2S}}$ and V_{O_2} to have values as low as possible, it is required that n should be as high as possible.

This finding leads to the conclusion that, at the fuel preyheating by direct combustion, one should use fuels with a combustion temperature as high as possible.

3. Aspects concerning the intensification of combustion

In the case of a system of mixing the fuel and the oxidizer, the intensification of the combustion is especially achieved by increassing the burning velocity, determined by the rise of the temperature of the combustion process medium and by the increase of the oxidizer temperature.

Further on, we try to show the influence of the temperature of the comburant-gas fuel mixture on the burning velocity.

When gas fuels are burnt, the turbulent burning velocity u_t is determinant for the combustion process development. This magnitude varies directly proportional with the normal burning velocity $u_n < u_t$. As the velocity u_t depends on the type of the used for the mixing of the comburant with the fuel, the most convenient is to study the influence of temperature T of the comburant-fuel mixture on the velocity u_n.

By increasing the temperature T between the values T' and T'', the maximum normal velocity of propagation of the flame increases according to relation (3).

$$\frac{u''_{nm}}{u'_{nm}} = \left(\frac{T''}{T'}\right)^p \tag{17}$$

where $p = 1.8 \div 2$, and u''_{nm} and u'_{nm} represent the maximum normal velocities of propagation of the flame at the temperatures T'' and T'.

By comparing the burning time of fuel oil drops with oxidizer preheated by direct combustion τ_{ad} with the time τ_{ae}, it results :

$$\frac{\tau_{ad}}{\tau_{ai}} = \frac{T_{fi}}{T_{fd}} \frac{\log \dfrac{A}{q^b}}{\log \dfrac{A}{v_O^b}} \tag{19}$$

where T_{fd} is the temperature of the medium in which the combustion takes place in the case of using the oxidizer preheated by direct combustion.

As $q < v_{O_2}$ then $\log Aq^{-b} > \log Av_{O_2}^{-b}$. The intensification of the combustion process such that $\tau_{ad} < \tau_{ai}$ is possible of $T_{fd} > T_{fi}$.

By comparing the preparation time of the coal particles with oxidizer preheated by direct combustion τ_{pd} with the time τ_{pi}, for superior coals we can deduce:

$$\frac{\tau_{pd}}{\tau_{pi}} = \left(\frac{T_{fi}}{T_{fd}}\right)^{4,05} \left(\frac{T_{ai}}{T_{ad}}\right)^{1,75} \left(\frac{v_{O_2}}{q}\right)^{0,66} \qquad (20)$$

where T_{ad} represents the temperature of the oxidizer pre heated by direct combustion.

The burning time of coke τ_r represents the greatest part of the burning time of the coke particle.

By comparing the burning times τ_{ri} and τ_{rd} corresponding to the oxygen enriched combustion and to the combustion with oxidizer preheated by direct combustion, for superior coal we can deduce:

$$\frac{\tau_{rd}}{\tau_{ri}} = \left(\frac{T_{ai}}{T_{ad}}\right)^{0,71} \frac{(2090 T_{fd}^{-1} - 0.64)(74.6\, q^{-1} - 2.55)}{(2090 T_{fi}^{-1} - 0.64)(74.6\, v_{O_2}^{-1} - 2.55)} \qquad (21)$$

As $T_{ad} > T_{ai}$ and $v_{O_2} > q$, from relations (20) and (21) it results that it is possible to intensify the combustion process, that is $\tau_{rd} < \tau_{ri}$ and $\tau_{pd} < \tau_{pi}$ the fulfilment of the condition $T_{fd} > T_{fi}$ being not necessary. As a result, we state that the procedure of oxidizer preheating by direct combustion can be especially applied to MHD combustors, which operate with superior coal.

Reducerea și eliminarea consumurilor de hidrocarburi

Arderea directă a combustibililor pentru preîncălzirea la temperaturi înalte a oxidantului necesar camerelor de ardere M.H.D.

Dr. ing. V. V. Ghia *

Generalități

Camerele de ardere M.H.D. necesită preîncălzirea înaltă a oxidantului folosit la arderea combustibilului, atît pentru obținerea plasmei la temperaturi ridicate, cît și pentru intensificarea reacțiilor de ardere. Preîncălzirea oxidantului la temperaturi de 2 000°K și mai ridicate s-a realizat în regeneratoare ceramice de tipul Cowper. Folosirea acestor preîncălzitoare pentru instalațiile M.H.D. comerciale, prezintă încă numeroase și mari dezavantaje (evidențiate în capitolul 1 al lucrării). De aceea s-a aplicat în fază experimentală, procedeul de preîncălzire a oxidantului la temperaturi înalte prin arderea directă a combustibilului cu aer și adaos de oxigen [1], [2]. În acest mod se compensează scăderea conținutului de oxigen datorită arderii combustibilului, sau chiar se îmbogățește oxidantul cu oxigen, depășind valoarea corespunzătoare conținutului din aerul atmosferic. Principalele dezavantaje ale acestui procedeu sînt consumul de oxigen și introducerea în camera de ardere a unor produse ale arderii directe a combustibilului, care viciază și disociază mai intens decît azotul și oxigenul din aerul atmosferic.

Pentru înlăturarea consumului excesiv de oxigen, se propune preîncălzirea puternică a comburantului folosit pentru arderea directă a combustibilului (în partea a treia a lucrării se prezintă o metodă pentru calculul consumului de oxigen necesar la arderea metanului și a păcurii pentru obținerea oxidantului la temperaturi înalte).

Se admite că se preîncălzește comburantul necesar arderii directe la temperaturi realizate uzual cînd se folosesc regeneratoarele tip Cowper, sau recuperatoarele de căldură.

De asemenea, se stabilește compoziția oxidantului funcție de temperatura comburantului, atunci cînd conținutul de oxigen al acestuia este egal cu al aerului.

În ultima parte a lucrării se studiază aspectele caracteristice legate de intensificarea proceselor de ardere a combustibililor, prin creșterea temperaturii oxidantului. Astfel se evidențiază tipul de combustibil la care procesul de ardere este influențat favorabil mai intens, prin preîncălzirea înaltă a oxidantului. În lucrare s-au folosit următoarele notații:

- α_{gm} — valoarea medie a coeficientului de transmitere a căldurii de la gazele de ardere la suprafața umpluturii, W/m²K;
- α_{gr} — coeficientul de transmitere a căldurii prin radiație de la gazele de ardere la suprafața umpluturii, W/m²K;
- α_{gc} — coeficientul de transmitere a căldurii prin convecție de la gazele de ardere la suprafața umpluturii, W/m²K;

* Dr. ing. V. V. Ghia este cercetător principal I la ICSITEE

Q_d, Q'_d — călduri de disociație, J/kg combustibil;

Q_p, Q'_p — pierderi de căldură din focar către mediul ambiant, J/kg combustibil;

P_{ci} — puterea calorică inferioară a combustibilului ars, J/kg, combustibil;

i_a, i_{O_2} — entalpiile specifice ale oxigenului și aerului de ardere, J/kg;

$c_g, c_{CO_2}, c_{H_2O}, c_{N_2}, c_{O_2}$ — căldurile specifice medii la presiune constantă ale produselor arderii, CO_2, H_2O, N_2, O_2 ..., J/kg;

c_m — căldura specifică medie a umpluturii, J/kgK;

T_a — temperatura oxidantului, K;

T_f — temperatura mediului în care se arde particula de combustibil, K;

T'_g — temperatura gazelor de ardere la intrarea în umplutură, K;

T'_m, T''_m — temperaturile medii ale umpluturii la începutul și sfîrșitul perioadei de încălzire, K;

$V_{O_{2S}}$ — cantitatea de oxigen suplimentar, kg/kg combustibil, kmol/kg combustibil sau kmol/kmol combustibil;

$V_{CO_2}, V_{H_2O}, V_{N_2}, V_{O_2}$... — conținutul în CO_2, H_2O, N_2, O_2 ... al produselor arderii unității de combustibil, kg/kg combustibil;

D_g — debitul gazelor de ardere, kg/s;

L_0 — cantitatea teoretică de aer pentru ardere, kg/kg combustibil sau kmol/kmol combustibil;

η — randamentul termic al regeneratorului, care ține seama de pierderile de căldură către mediul ambiant;

G_m — masa umpluturii regeneratorului, kg;

S_m — suprafața de încălzire a umpluturii, kg;

τ_m — timpul de încălzire a umpluturii, s;

τ_s — timpul de ardere, s;

τ_p — timpul de pregătire a arderii, s;

τ_r — timpul de ardere a reziduului carbonos, s;

D_0 — diametrul inițial al picăturii de păcură, mm;

INDEXURI

d — arderea directă;

i — ardere cu aer îmbogățit în oxigen.

1. Dezavantajele Cowperelor pentru preîncălzirea aerului la temperaturi înalte

Regeneratoarele ceramice tip Cowper folosite uzual la furnale preîncălzesc aerul la temperaturi de 1500—1600 K și folosesc drept combustibil, amestecuri de combustibili gazoși. Puterea calorică inferioară a combustibilului gazos astfel rezultat, care se arde în cowpere nu depășește, în general, 180 000 kJ/kmol. Folosirea cowperelor de construcție specială pentru preîncălzirea oxidantului la temperaturi de 2000—2300 K este o problemă nerezolvată pentru instalațiile M.H.D. comerciale. Cele mai importante dezavantaje care apar se referă la:

— costul foarte ridicat al instalației de preîncălzit oxidantul, deoarece trebuie realizate minimum trei cowpere ancombrante, care necesită materiale suprarefractare de calitate superioară pentru zona suprasolicitată termic;

— necesitatea realizării unor vane de inversare rezistente la temperatură înaltă și etanșe la presiuni relativ ridicate, care vor da importante dificultăți în exploatare;

— necesitatea funcționării cu combustibili superiori care vor fi arși cu aer preîncălzit, pentru a se obține temperatura de ardere ridicată, necesară dimensionării raționale a cowperelor.

Datorită accentuării crizei de energie și materiale, ultimul dezavantaj menționat scumpește mult costul oxidantului produs.

Pentru clarificarea acestei probleme se vor face dezvoltările teoretice ce urmează.

Într-o primă aproximație, pentru calculul timpului de încălzire al umpluturii regeneratorului se poate folosi următoarea formulă, dedusă prin unele ipoteze simplificatoare:

$$\tau_m = \ln \frac{T'_g - T'_m}{T'_g - T''_m} \frac{1}{\frac{\eta D_g c_g}{G_m c_m}\left(1 - e^{-\frac{S_m \alpha_{gm}}{\eta D_g c_g}}\right)} \qquad (1)$$

Valoarea temperaturii gazelor de ardere la intrarea în umplutura regeneratorului T'_g este determinată de temperatura teoretică de ardere a combustibilului ars T_t în cowper.

Cu cît diferența dintre T_t și T''_m este mai mare, cu atît condițiile de transmitere a căldurii vor fi mai bune, deoarece se mărește, în special, căldura transmisă umpluturii ceramice prin radiație.

Coeficientul local de transmitere a căldurii de la gazele de ardere la suprafața umpluturii, rezultă din relația:

$$\alpha_g = \alpha_{gr} + \alpha_{gc} \qquad (2)$$

Coeficientul α_{gc} depinde în mică măsură de variația temperaturii gazelor de ardere T_g. Pentru ridicarea temperaturii de preîncălzire a aerului este necesar să se mărească temperatura suprafeței umpluturii de la T_{p1} pînă la T_{p2}. În acest caz se mărește și coeficientul α_{gr} de la α_{gr1} pînă la α_{gr2}, astfel că:

$$\Omega = \frac{\alpha_{gr1}}{\alpha_{gr2}} = \frac{\varepsilon_{p1}(T_g + T_{p1})(T_g^2 + T_{p1}^2)}{\varepsilon_{p2}(T_g + T_{p2})(T_g^2 + T_{p2}^2)} < 1 \qquad (3)$$

unde ε_{p1} și ε_{p2} reprezintă coeficienții de negreală ai suprafeței peretelui umpluturii la temperaturile T_{p1} și T_{p2}.

Considerînd $\varepsilon_{p1} = \varepsilon_{p2}$, la limită cînd $T_{p2} = T_g$ și $\alpha_{gr2} = \alpha_{gr1}$ rezultă :

$$\frac{\alpha_{gr1}}{\alpha_{gr1}} = \frac{T_g^3 + T_{p1}^3 + T_g T_{p1}(T_g + T_{p1})}{4\,T_g^3} \qquad (4)$$

Folosind relația (3) în care s-a luat $\varepsilon_{p1} = \varepsilon_{p2}$, în figura 1 s-au trasat curbele de variație a raportului Ω în funcție de temperatura T_{p2}, atunci cînd T_g este egal cu 2100 K, iar $T_{p1} =$ = 1600, 1800 și 2100 K.

Din figura 1 rezultă că :

— pentru T_{p1} invariabil, raportul Ω scade aproximativ liniar cu creșterea temperaturii T_{p2} ;

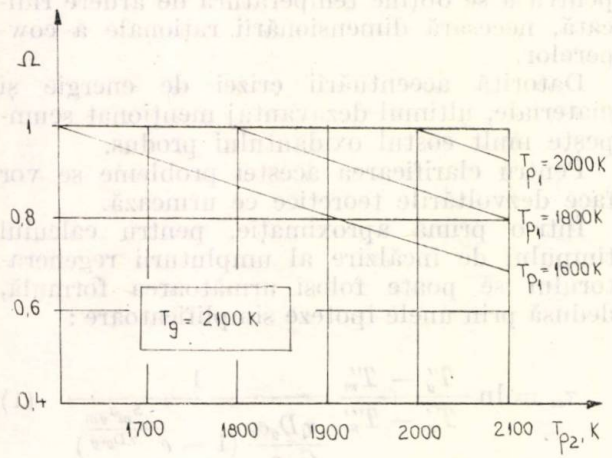


Fig. 1. Variația raportului Ω în funcție de temperatura T_{p2} pentru $T_g = 2100$ K. (Variation of the ratio Ω depending on the temperature T_{p2} for $T_g = 2100$ K)

— la $T_{p2} = T_g$, raportul Ω are o valoare cu atît mai mare cu cît temperatura T_{p1} este mai mare.

Din relația (1) rezultă că timpul de încălzire τ_m se mărește rapid prin scăderea diferenței $T'_g - T''_m$, iar dacă $T''_m \to T'_g$ atunci $\tau_m \to \infty$, deoarece α_{gm} tinde către o valoare finită.

Deoarece prin creșterea temperaturii de preîncălzire a oxidantului trebuie să se mărească temperatura T''_m, dacă nu se mărește temperatura T_t, va trebui mărită suprafața de încălzire S_m, respectiv masa umpluturii cowperului G_m.

Creșterea temperaturii de ardere se poate obține prin :

— înlocuirea unui combustibil gazos inferior prin gaze naturale care sînt mult mai scumpe ;

— preîncălzirea aerului de ardere și eventual a combustibilului gazos, ceea ce necesită investiții suplimentare în recuperatoare și complică exploatarea ;

— funcționarea cu exces de aer cît mai aproape de zero, ceea ce implică utilizarea unor arzătoare perfecționate, avînd un înalt grad de automatizare.

Construirea umpluturii cowperului din bile sferice mărește mult coeficientul α_{gm}, prin aceasta scăzînd timpul τ_m.

Lipsa unor verificări de durată în exploatare nu a permis încă aplicarea acestui tip de umplutură la instalațiile M.H.D. comerciale.

Se poate estima că prin folosirea gazului metan drept combustibil la cowpere, ridicarea temperaturii de preîncălzire a oxidantului la 2300 K, necesită preîncălzirea aerului necesar arderii gazului metan la minimum 900 K.

2. Calculul consumului de oxigen și compoziției oxidantului

Temperatura gazelor care rezultă din arderea combustibilului se poate obține cu suficientă precizie din relația :

$$\theta_g = \frac{P_{ci} + nL_0 i_a - Q_{dis} - Q_p}{\Sigma V_g c_g} \qquad (5)$$

unde :

$$V_g c_g = V_{CO_2} c_{CO_2} + V_{H_2O} c_{H_2O} + V_{N_2} c_{N_2} + V_{O_2} c_{O_2} \qquad (6)$$

Atunci cînd se dau compoziția combustibilului ars și temperatura care trebuie obținută θ_g, din relația (5) rezultă coeficientul n ce permite determinarea compoziției gazelor de ardere. Pentru exemplificare se vor face calculele în cazul arderii complete a metanului și a păcurii, avînd principalele caracteristici : C = 87 %, H = 11,4 %, S = 0,5 %, O = 1,1 % și $P_{ci} =$ = 41 200 kJ/kg. Într-o primă aproximație s-a neglijat Q_{dis} și s-a luat $Q_p = 0{,}01\ P_{ci}$.

În figura 2 s-au trasat curbele $n = f(t_a)$ pentru două valori ale temperaturii gazelor de

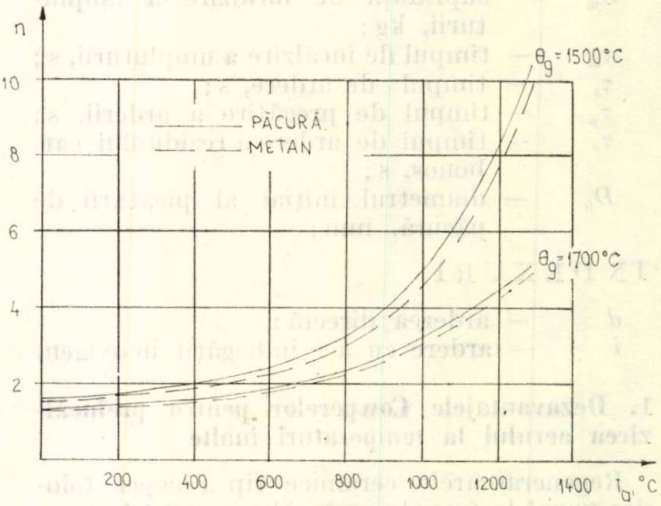


Fig. 2 Curbele $n = f(t_a)$ pentru $\theta_g = 1500$°C și 1700°C. (The curves $n = f(t_a)$ for $\theta_g = 1500$°C and 1700°C)

ardere $\theta_g = 1500°C$ și 1700°C, atunci cînd se arde metan și păcura menționată.

Se poate remarca că :

— pentru aceeași temperatură a aerului preîncălzit t_a se obține aceeași temperatură θ_g arzînd păcură la un exces de aer mai mare decît la arderea metanului ;

— pentru aceeași temperatură t_a diferențele între n pentru arderea păcurii și metanului sînt relativ mici și cresc puțin odată cu creșterea temperaturii t_a ;

— în funcție de valoarea temperaturii θ_g, care se menține constantă, există o zonă de creștere relativ lentă a coeficientului n odată cu creșterea temperaturii t_a.

Astfel pentru păcură la $\theta_g = 1500°C$, prin creșterea temperaturii t_a de la 0° la 800°C, adică $\Delta t' = 800°C$, coeficientul excesului de aer crește cu $\Delta n' = 1{,}579$, iar această creștere devine $\Delta n'' = 7{,}5904$ atunci cînd t_a crește de la 800°C pînă la 1300°C, adică $\Delta t'' = 500°C$.

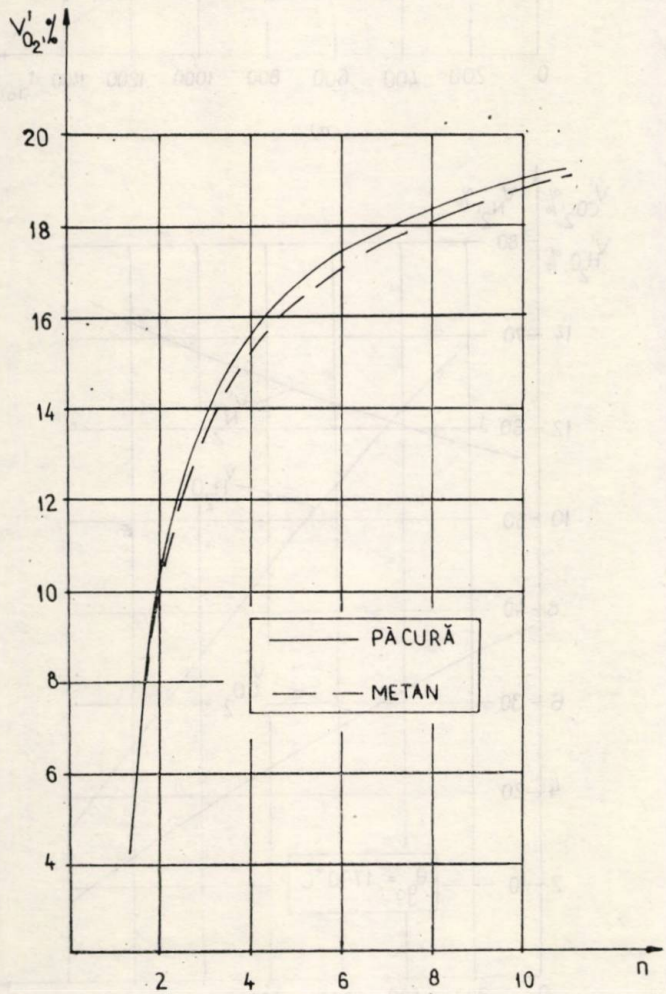


Fig. 3 Curbele $V'_{O_2} = F(n)$ pentru păcură și metan. (The curves $V'_{O_2} = F(n)$ for fuel oil and methane)

Dacă $\theta_g = 1700°C$, pentru $\Delta t' = 800°C$ corespunde $\Delta n' = 1{,}043$, iar la $\Delta t'' = 500°C$ corespunde $\Delta n'' = 1{,}852$.

Variația conținutului procentual de oxigen V'_{O_2} din gazele de ardere în funcție de n este dependentă de valoarea absolută a coeficientului n.

În figura 3 s-au trasat grafic curbele $V'_{O_2} = F(n)$ pentru păcură și metan. Se poate remarca că :

— pentru același n, V'_{O_2} are valori mai mari pentru păcură, iar pînă la $n \approx 2$ diferențele între V'_{O_2} pentru păcură și metan sînt insensibile ;

— pentru valori mai mici n, conținutul procentual de oxigen V'_{O_2} crește puternic odată cu n.

Pentru ca gazele rezultate din ardere să conțină oxigen în volum de 21 % la aerul atmosferic trebuie să se adauge oxigen suplimentar, care va răci gazele de ardere.

Acest adaos de oxigen se poate da după terminarea procesului de ardere, sau se introduce în aerul atmosferic servind drept comburant al arderii directe. De aceea combustibilul va trebui ars la un coeficient n mai mic decît acela care rezultă din figura 2.

Astfel se va obține o temperatură de ardere mai mare, care va scădea la valoarea dorită θ_{g0} prin amestecul gazelor rezultate din ardere cu oxigenul.

Este avantajos ca oxigenul suplimentar, să se preîncălzească odată cu aerul de ardere. Cu cît temperatura de preîncălzire t_a este mai mare cu atît vor fi mai mici diferențele dintre valorile coeficienților excesului de aer pentru arderea cu aer preîncălzit și cu aer preîncălzit îmbogățit cu oxigen de adaos.

Pentru ca în gazele rezultate din arderea combustibilului să se găsească q procente de oxigen, unde $q > V'_{O_2}$, este necesar ca la arderea unității de combustibil să se introducă suplimentar cantitatea $V_{O_{2S}}$. Rezultă astfel că :

$$q = \frac{V_{O_2} + V_{O_{2S}}}{\Sigma V_g + V_{O_{2S}}} 100, \qquad (7)$$

unde :

$$\Sigma V_g = V_{CO_2} + V_{H_2O} + V_{N_2} + V_{O_2} + \ldots \qquad (8)$$

Din relația (7) rezultă că :

$$V_{O_{2S}} = \frac{0{,}01\, q \Sigma V_g - V_{O_2}}{1 - 0{,}01\, q} \qquad (9)$$

În cazul arderii directe a combustibilului cu oxigenul suplimentar $V_{O_{2S}}$, astfel încît produsele arderii complete să conțină q procente oxigen, temperatura gazelor rezultate din ardere se obține din relația :

$$\theta_{g0} = \frac{P_{ci} + nL_0 i_a + V_{O_{2S}} i_{O_2} - Q'_{dis} - Q'_p}{\Sigma V_g c_g + V_{O_{2S}} c_{O_2}} \qquad (10)$$

Aplicarea relației (10) este corectă pentru $n \geqslant 1$.

În figura 4 s-au trasat familiile de curbe $V_{O_{2S}} = \varphi(n, q)$ pentru metan și păcura considerată, pe baza relațiilor deduse din (9):

$$V_{O_{2S_m}} = \frac{0{,}01q(1 + 9{,}52n) - 2n + 2}{1 - 0{,}01q} \quad (11)$$

$$V_{O_{2S_p}} = \frac{0{,}01q(0{,}63165 + 10{,}8373n) - 2{,}2758n + 2{,}2758}{22{,}41 - 0{,}2241\,q} \quad (12)$$

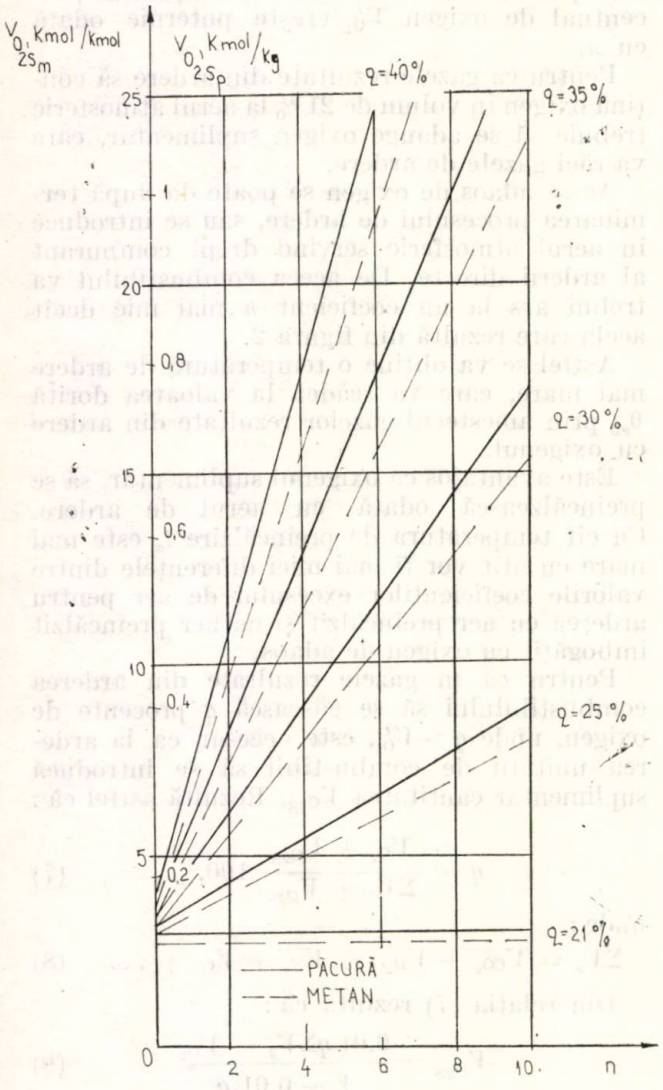
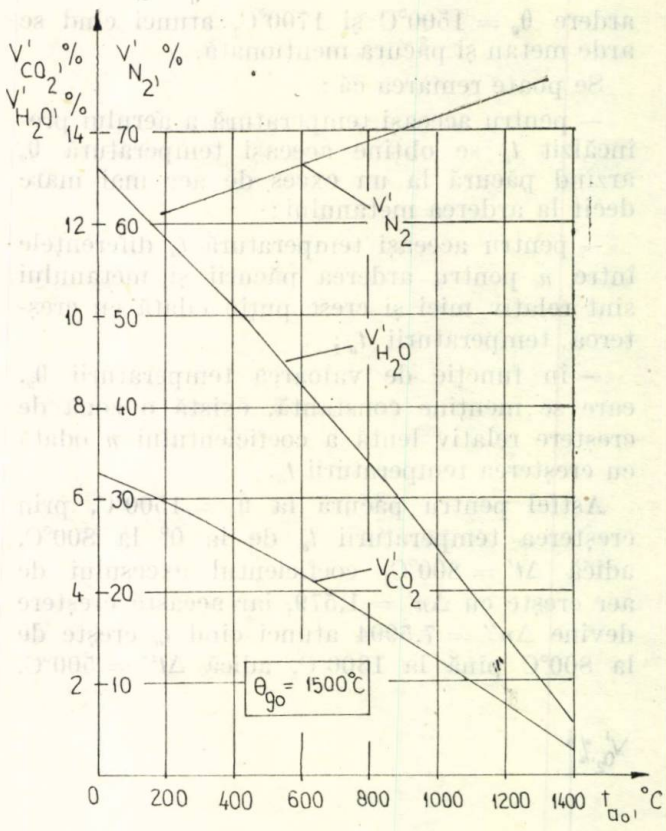


Fig. 4 Curbele $V'_{O_{2S}} = \varphi(n, q)$ pentru păcură și metan. (The curves $V'_{O_{2S}} = \varphi(n, q)$ for fuel oil and methane)



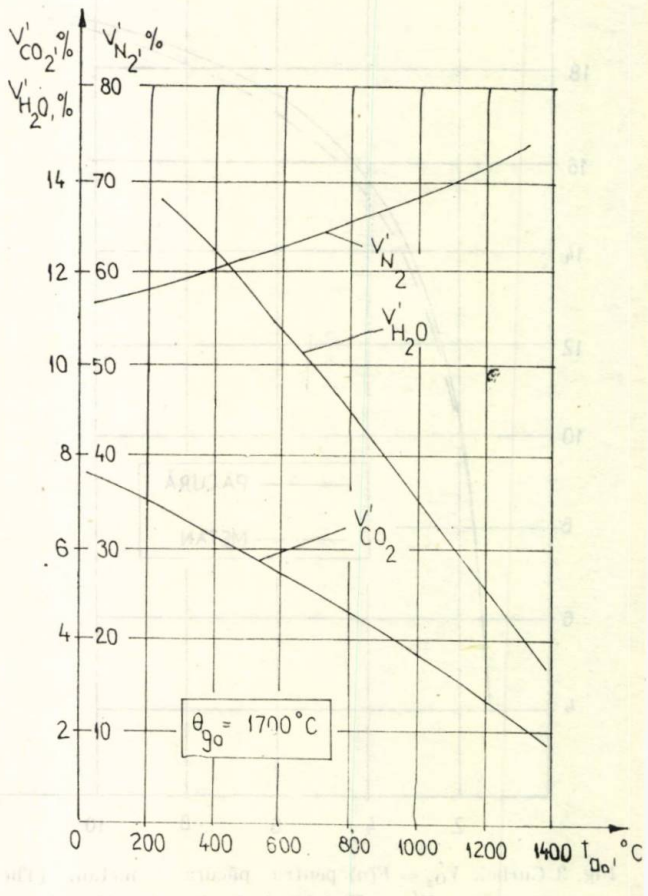


Fig. 5 Variația mărimilor V'_{CO_2}, V'_{H_2O}, V'_{N_2} funcție de temperatura t_{ao} la arderea metanului, cînd $\theta_{go} = 1500°C$ și 1700°C. (Variation of the values V'_{CO_2}, V'_{HO_2}, V'_{N_2} depending on the temperature t_{ao} for methane burning, when $\theta_{go} =$ — 1500°C and 1700°C)

Din figura 4 rezultă că:

— pentru $q = 21\%$, V_{O_2S} variază insensibil cu n;

— V_{O_2S} crește direct proporțional cu n pentru $q > 21\%$;

— pentru n constant creșterea mărimii V_{O_2S} este cu atît mai mare cu cît q are o valoare mai mare.

Pentru $q = 21\%$, în figura 5 s-au reprezentat curbele de variație a conținuturilor procentuale de CO_2, H_2O, N_2 din gazele obținute prin arderea metanului, în funcție de temperatura amestecului t_{ao} dintre aerul de ardere și oxigenul suplimentar, atunci cînd $\theta_{go} = 1500°C$ și 1700°C.

Rezultă astfel că pentru $t_{ao} = 1300°C$, $V'_{H_2O} = 2\%$, $V'_{CO_2} = 1\%$ și $V'_{N_2} = 76\%$, atunci cînd $\theta_{go} = 1500°C$, iar $V'_{H_2O} = 4{,}2\%$, $V'_{CO_2} = 2{,}1\%$, $V'_{N_2} = 72{,}7\%$, atunci cînd $\theta_{go} = 1700°C$.

De asemenea, tot pentru $q = 21\%$, în figura 6 s-au prezentat curbele de variație a conținuturilor procentuale de CO_2, H_2O și N_2 din gazele obținute prin arderea păcurii în funcție de temperatura amestecului t_{ao}, atunci cînd $\theta_{go} = 1500°C$, respectiv $\theta_{go} = 1700°C$.

Astfel rezultă că pentru $t_{ao} = 1300°C$, $V'_{H_2O} = 1{,}1\%$, $V'_{CO_2} = 1{,}4\%$ și $V'_{N_2} = 76{,}5\%$, atunci cînd $\theta_{go} = 1500°C$, iar $V'_{H_2O} = 2{,}23\%$, $V'_{CO} = 2{,}85\%$, $V'_{N_2} = 73{,}92\%$, atunci cînd $\theta_{go} = 1700°C$.

Comparînd rezultatele obținute pentru $\theta_{go} = 1700°C$ și $t_{ao} = 1300°C$ se poate trage concluzia că din arderea păcurii rezultă produsele disociabile CO_2 și H_2O într-o proporție mai mică decît la arderea metanului.

Valoarea scăzută a mărimilor V'_{CO_2} și V'_{H_2O} determină o creștere redusă a căldurii de disociație a produselor arderii din camera de ardere M.H.D atunci cînd se funcționează la presiuni de 9—10 bar.

În cazul studiat pentru $t_{ao} = 1300°C$, $\theta_{go} = 1700°C$, $n = 4{,}92$ la arderea directă a păcurii consumul de oxigen suplimentar $V_{O_2S} = 0{,}136$ kmol/kg combustibil, producîndu-se cantitatea de oxidant $\Sigma V_g + V_{O_2S} = 2{,}547$ kmol/kg combustibil, conținînd 21% oxigen.

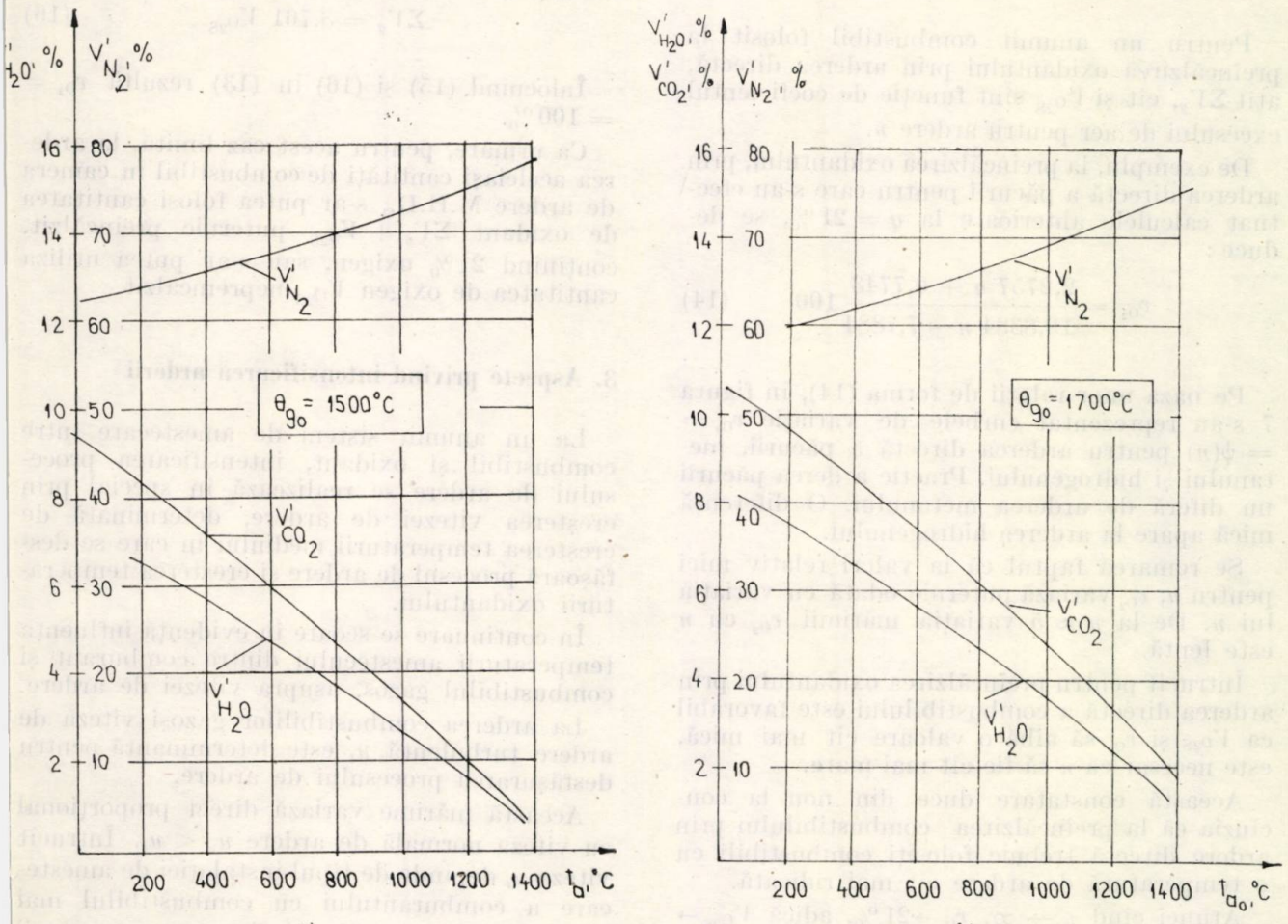


Fig. 6 Variația mărimilor V'_{CO_2}, V'_{H_2O}, V'_{N_2} funcție de temperatura t_{ao} la arderea păcurii, cînd $\theta_{go} = 1500°C$ și 1700°C. (Variation of the values V'_{CO_2}, V'_{H_2O}, V'_{N_2} depending on the temperature t_{ao} for fuel oil burning, when $\theta_{go} = 1500°C$ and 1700°C)

Dacă în camera de ardere M.H.D. s-ar arde aceeași păcură la $n = 1$ cu aer îmbogățit în oxigen preîncălzit la $t_{ao} = 1300°C$ prin adaosul cantității $V_{O_{2S}}$, aerul îmbogățit cu oxigen ar avea conținutul procentual de oxigen $V_{O_2} = 26{,}3\,\%$.

Conținutul procentual de oxigen V_{O_2} al aerului îmbogățit cu oxigen, se calculează după cum urmează.

Cantitatea de oxidant $\Sigma V_g + V_{O_{2S}}$ conține în cazul $q = 21\%$ cantitatea de oxigen $0{,}21\ (\Sigma V_g + V_{O_{2S}})$. Dacă aceeași cantitate de oxigen se obține din aer îmbogățit cu oxigenul $V_{O_{2S}}$, cantitatea de aer $\Sigma V_g + V_{O_{2S}}$ se micșorează cu cantitatea de azot $3{,}7619\ V_{O_{2S}}$ pe care ar fi introdus-o în focar dacă oxigenul $V_{O_{2S}}$ ar fi fost luat din aerul atmosferic.

Conținutul procentual de oxigen din aerul îmbogățit cu oxigenul $V_{O_{2S}}$ este:

$$v_{O_2} = \frac{0{,}21(\Sigma V_g + V_{O_{2S}})}{\Sigma V_g - 2{,}7619\ V_{O_{2S}}}\ 100 \qquad (13)$$

Pentru un anumit combustibil folosit la preîncălzirea oxidantului prin arderea directă, atît ΣV_g, cît și $V_{O_{2S}}$ sînt funcție de coeficientul excesului de aer pentru ardere n.

De exemplu, la preîncălzirea oxidantului, prin arderea directă a păcurii pentru care s-au efectuat calculele anterioare la $q = 21\,\%$, se deduce:

$$v_{O_2} = \frac{2{,}2757\ n + 0{,}7743}{10{,}8384\ n - 7{,}7884}\ 100 \qquad (14)$$

Pe baza unor relații de forma (14), în figura 7 s-au reprezentat curbele de variație $v_{O_2} = \psi(n)$ pentru arderea directă a păcurii, metanului și hidrogenului. Practic arderea păcurii nu diferă de arderea metanului. O diferență mică apare la arderea hidrogenului.

Se remarcă faptul că la valori relativ mici pentru n, v_{O_2} variază puternic odată cu variația lui n. De la $n \approx 5$ variația mărimii v_{O_2} cu n este lentă.

Întrucît pentru preîncălzirea oxidantului prin arderea directă a combustibilului este favorabil ca $V_{O_{2S}}$ și v_{O_2} să aibă o valoare cît mai mică, este necesar ca n să fie cît mai mare.

Această constatare duce din nou la concluzia că la preîncălzirea combustibilului prin ardere directă trebuie folosiți combustibili cu o temperatură de ardere cît mai ridicată.

Atunci cînd $n \to \infty$, $v_{O_2} \to 21\,\%$, adică $V_{O_{2S}} \to 0$.

Dacă $n = 1$ teoretic se obține temperatura de ardere maximă, iar în produsele arderii directe a combustibilului folosit la preîncălzirea oxidantului nu se găsește oxigen, astfel că:

$$0{,}21\ (\Sigma V_g + V_{O_{2S}}) = V_{O_{2S}} \qquad (15)$$

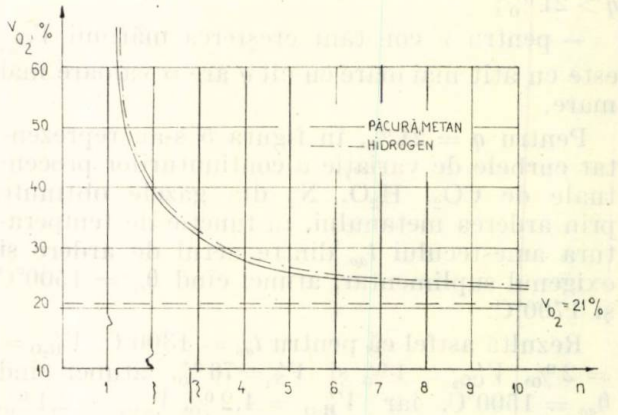


Fig. 7 Curbele $V_{O_2} = \psi(n)$ pentru arderea păcurii, metanului și hidrogenului. (The curves $V_{O_2} = \psi(n)$ for oil, methane and hydrogen burning)

de unde:

$$\Sigma V_g = 3{,}761\ V_{O_{2S}} \qquad (16)$$

Înlocuind (15) și (16) în (13) rezultă $v_{O_2} = 100\,\%$.

Ca urmare, pentru acest caz limită, la arderea aceleiași cantități de combustibil în camera de ardere M.H.D., s-ar putea folosi cantitatea de oxidant $\Sigma V_g + V_{O_{2S}}$ puternic preîncălzit, conținînd 21% oxigen, sau s-ar putea utiliza cantitatea de oxigen $V_{O_{2S}}$ nepreîncălzit.

3. Aspecte privind intensificarea arderii

La un anumit sistem de amestecare între combustibil și oxidant, intensificarea procesului de ardere se realizează în special prin creșterea vitezei de ardere, determinată de creșterea temperaturii mediului în care se desfășoară procesul de ardere și creșterea temperaturii oxidantului.

În continuare se scoate în evidență influența temperaturii amestecului dintre comburant și combustibilul gazos, asupra vitezei de ardere.

La arderea combustibililor gazoși viteza de ardere turbulentă u_t este determinantă pentru desfășurarea procesului de ardere.

Această mărime variază direct proporțional cu viteza normală de ardere $u_n < u_t$. Întrucît viteza u_t depinde de tipul instalației de amestecare a comburantului cu combustibilul mai comod este să se studieze influența temperaturii T' a amestecului comburant-combustibil asupra vitezei u_n.

Prin creşterea temperaturii T între valorile T' şi T'' viteza normală maximă de propagare a flăcării se măreşte conform relaţiei [3]:

$$\frac{u''_{nm}}{u'_{nm}} = \left(\frac{T''}{T'}\right)^{p} \qquad (17)$$

unde:

$p = 1{,}8 \div 2$;

u''_{nm} şi u'_{nm} reprezintă vitezele normale maxime de propagare a flăcării la temperaturile T'' şi T'.

Studiind variaţia raportului $\psi = \frac{u''_{nm}}{u'_{nm}}$ pentru $p = 2$ şi 1,8 în funcţie de temperatura T'' rezultă că:

— pentru acelaşi interval de temperatură $\Delta T''$, cea mai mare variaţie a lui ψ se obţine pentru $T' = 273$ K;

— încălzirea amestecului comburant-combustibil de la $T' = 273$ K pînă la $T'' = 2073$ K conduce la creşterea vitezei normale maxime de propagare a flăcării de 57,6 ori pentru $p = 2$ şi de 38,4 pentru $p = 1{,}8$;

— încălzirea amestecului comburant de la 1573 K pînă la 1973 K măreşte viteza normală maximă de propagare a flăcării de 1,57 ori pentru $p = 2$ şi de 1,5 ori pentru $p = 1{,}8$.

Se remarcă faptul că scăderea exponentului p de la 2 pînă la 1,8 are o influenţă neglijabilă atunci cînd încălzirea amestecului se face de la $T' = 1573$ K pînă la $T'' = 1973$ K.

De aceea la arderea combustibililor gazoşi în camerele de ardere M.H.D. preîncălzirea oxidantului la temperaturi înalte reprezintă un procedeu foarte eficace de intensificare a procesului de ardere.

Gradul de intensificare a procesului de ardere se poate aprecia nu numai prin creşterea vitezei de ardere, ci şi după micşorarea timpului necesar arderii unei anumite cantităţi de combustibil.

Efectele creşterii conţinutului în oxigen şi a temperaturii mediului în care se desfăşoară procesul de ardere al păcurii, s-au determinat precis, în special prin studiul experimental al arderii picăturilor de păcură.

Timpul de ardere al picăturilor mici τ_{ai} în aer imobil îmbogăţit cu oxigen rezultă dintr-o relaţie de forma [4]:

$$\tau_{ai} = \frac{D_0^2 T_0}{T_{fi}} \log \frac{A}{v_{O_2}^b} \qquad (18)$$

unde: b şi A sînt nişte constante care depind de caracteristicile combustibilului folosit;

$T_0 = 273$ K.

Formulele de tipul (18) determinate pentru diferite tipuri de păcură arată că timpul τ_{ai} se micşorează prin creşterea temperaturii T_{fi} şi prin creşterea conţinutului de oxigen v_{O_2}. Rezultă că intensificarea procesului de ardere se poate realiza atît prin creşterea temperaturii oxidantului, cît şi prin creşterea conţinutului de oxigen din acesta.

Comparînd timpul de ardere al picăturilor de păcură cu oxidant preîncălzit prin ardere directă τ_{ad} cu timpul τ_{ai} rezultă:

$$\frac{\tau_{ad}}{\tau_{ai}} = \frac{T_{fi}}{T_{fd}} \frac{\log \frac{A}{q^b}}{\log \frac{A}{v_{O_2}^b}} \qquad (19)$$

unde: T_{fd} este temperatura mediului în care se desfăşoară arderea în cazul folosirii oxidantului preîncălzit prin ardere directă.

Deoarece $q < v_{O_2}$ atunci $\log A q^{-b} > \log A v_{O_2}^{-b}$. Intensificarea procesului de ardere astfel încît $\tau_{ad} < \tau_{ai}$ este posibilă dacă $T_{fd} > T_{fi}$.

Cercetările efectuate asupra arderii particulelor de cărbune sînt mai complexe şi pun în evidenţă explicit influenţa temperaturii T_{fi} şi a temperaturii oxidantului T_{oi}.

Din formulele de calcul determinate experimental [5] se poate deduce că timpul de pregătire a arderii cu aer îmbogăţit cu oxigen τ_{pi} se micşorează cel mai mult prin creşterea în primul rînd a temperaturii T_{fi} şi după aceea a temperaturii T_{ai}.

Creşterea conţinutului de oxigen din oxidant v_{O_2} în limitele uzuale micşorează în mică măsură τ_{pi}.

Comparînd timpul de pregătire al particulelor de cărbune cu oxidant preîncălzit prin ardere directă τ_{pd} cu timpul τ_{pi}, se deduce pentru cărbunii superiori:

$$\frac{\tau_{pd}}{\tau_{pi}} = \left(\frac{T_{fi}}{T_{fd}}\right)^{4{,}05} \left(\frac{T_{ai}}{T_{ad}}\right)^{1{,}75} \left(\frac{v_{O_2}}{q}\right)^{0{,}66} \qquad (31)$$

în care: T_{ad} reprezintă temperatura oxidantului preîncălzit prin ardere directă.

Timpul de ardere al reziduului carbonos τ_r ocupă cea mai mare parte din timpul de ardere al particulei de cărbune [5].

Comparînd timpii τ_{ri} şi τ_{rd} corespunzători arderii cu aer îmbogăţit cu oxigen şi arderii cu oxidant preîncălzit prin ardere directă, pentru cărbunii superiori se deduce:

$$\frac{\tau_{rd}}{\tau_{ri}} = \left(\frac{T_{ai}}{T_{ad}}\right)^{0{,}71} \frac{(2090\, T_{fd}^{-1} - 0{,}64)74{,}6 q^{-1} - 2{,}55)}{(2090\, T_{fi}^{-1} - 0{,}64)(74{,}6\, v_{O_2}^{-1} - 2{,}55)} \qquad (32)$$

Deoarece temperatura T_{ad} poate avea o valoare mult mai mare decît temperatura T_{ai}, deşi $v_{O_2} > q$, din relaţiile (31) şi (32) rezultă că este posibil să se intensifice procesul de ardere,

adică $\tau_{rd} < \tau_{ri}$ și $\tau_{pd} < \tau_{pi}$, fără a fi necesară îndeplinirea condiției $T_{fd} > T_{fi}$.

4. Concluzii

La instalațiile M.H.D. experimentale de mică putere la care temperatura oxidantului nu depășește 1300—1400°C, este comodă aplicarea procedeului de preîncălzire a oxidantului prin arderea directă a unui combustibil.

Comburantul necesar arderii directe va fi preîncălzit la 800—900°C, într-un recuperator în două trepte, ceea ce va micșora mult consumul de oxigen V_{O_2S}. Se renunță astfel la folosirea cowperelor care sînt costisitoare chiar pentru temperaturi uzuale de preîncălzire ale oxidantului pentru furnale.

Obținerea oxidantului la temperaturi înalte pînă la 2000°C, prin arderea directă cu comburant preîncălzit la 1300—1400°C, are în prezent o serie de avantaje comparativ cu obținerea oxidantului la aceleași temperaturi înalte, în regeneratoarele tip cowper de construcție specială. Dintre acestea menționăm:

— costul mult mai redus al instalației de produs oxidant preîncălzit;

— funcționarea sigură a vanelor de inversare care vor lucra la aceleași temperaturi ca la cowperele clasice;

— posibilitatea arderii unor combustibili gazoși cu temperatură teoretică de ardere mai mică, deci mai ieftini, la cowperele care realizează preîncălzirea oxidantului la 1300—1400°C.

Preîncălzirea în continuare a oxidantului prin arderea directă a combustibilului, se poate realiza într-un focar alăturat camerei de ardere M.H.D., ceea ce prezintă, de asemenea, avantaje.

Dintre acestea menționăm micșorarea pierderilor de căldură de la oxidant către mediul ambiant și posibilitatea introducerii eficiente în oxidant, a adaosului de ionizare.

Trebuie amintite însă și principalele dezavantaje care apar: consumul de oxigen, apariția produselor arderii directe în oxidant și consumul suplimentar de energie la compresorul care refulează aerul necesar arderii directe.

De aceea aplicarea industrială a procedeelor de preîncălzire a oxidantului la temperaturi înalte trebuie să fie precedată de calcule tehnico-economice detaliate, care să țină seama de particularitățile instalației M.H.D. la care se referă.

Va trebui să fie comparată, în afară de variantele discutate în lucrare, și varianta funcționării cu aer îmbogățit cu oxigen, preîncălzit în cowpere clasice.

La ultima variantă conținutul procentual de oxigen din aerul îmbogățit în oxigen se va calcula din relația (13).

Bibliografie

1] M. Petrich, B. Ya. Shumyatsky: *Open-Cycl Magnetohydrodynamic Electrical Power Generation.* (A joint Publication U.S.A./U.S.S.R.), 1980.

[2] D. P. Saari, R. Smyth, C. L. Marksberry *Development of the high Temperature air heater for ope cycle M.H.D. VII International Conference on M.H.D* Electrical Power Generation, MIT, June 16—20, 198

[3] V. A. Speișer, A. D. Gorbanenko: *Povirșeni offektivnosti ispojzovanie gaz i mazutj v energheticeski ustanovkax.* Energhiea, Moskva, 1974.

[4] V. V. Ghia, N. Lemnean: *Influența mediulu bogat în oxigen asupra arderii picăturilor de păcur* St. cerc. energ. electr., tom 19, nr. 3, p. 483—497, 196

[5] I. Carabogdan, N. Pănoiu: *Bazele teoretic ale aprinderii și arderii combustibililor solizi.* Ed. Acad mîei R.S.R., București, 1969.

(Primit la 14 august 1982, acceptat la 10 ianuarie 198

Creșterea siguranței în funcționare a sistemulu energetic și a elementelor acestu

Considerații privind posibilitățile de utilizare combinată a filtrelor trece-sus și trece-bandă în tratarea armonicelor superioare

Dr. ing. E. Cocoș, ing. H. Măries, ing. M. Popescu*

Generalități

Filtrele absorbante de tipul trece-bandă (FATB), îndeosebi cele de ordinul 1 — circuite rezonante serie (CRS) — au căpătat o largă răspîndire în tehnica tratării armonicilor superioare generate de consumatorii deformanți. Avantajele pe care le oferă sînt, în primul rînd, relativa simplitate a schemelor circuitelor pr mare, gradul de filtrare ridicat, precum și e ciența economică, cunoscut fiind că echip mentul de filtrare realizează totodată și funcț de compensare a puterii reactive.

În ultima vreme, pe plan mondial, se mar festă tendința de extindere a utilizării filtrel absorbante de tipul trece-sus (FATS), în spec cînd spectrul armonicilor generate este foar larg și aleatoriu — cazul tipic al cuptoarelor arc electric. Literatura de specialitate indi

* Dr. ing. E. Cocoș este lector la C.P.L.-M.E.E.-Constanța, H. Măries este inginer la C.I.R.E.-S.C.P., ing. M. Popescu este cercetător la ICEMENERG.

folosirea FATS și în cazul stațiilor de înaltă tensiune cu convertizoare statice, pentru transportul energiei în curent continuu [1], [2].

Utilizarea FATS prezintă cîteva avantaje importante /1, 3/:

— performanțele filtrului sînt puțin afectate de toleranțele de fabricație ale elementelor componente, de variația temperaturii acestora și de abaterile frecvenței rețelei;

— costul echipamentului este mai redus, iar spațiul ocupat mai restrîns față de varianta utilizării FATB, datorită micșorării numărului treptelor de filtrare;

— nu este necesar un reglaj al acordului la punerea în funcțiune și nici în exploatare;

— divizarea în trepte se realizează simplu și economic, atunci cînd echipamentul de comutație sau reglajul puterii reactive impun acest lucru;

— pierderile pe armonica fundamentală sînt reduse.

1. Principalele caracteristici ale FATS uzuale

Dintre tipurile de filtre trece-sus întîlnite mai frecvent în compunerea echipamentelor pentru tratarea armonicilor superioare și menționate în literatura de specialitate ([1], [3], [6]), vor fi analizate cele reprezentate în figura 1 *a* și *b*, ale căror caracteristici și particularități

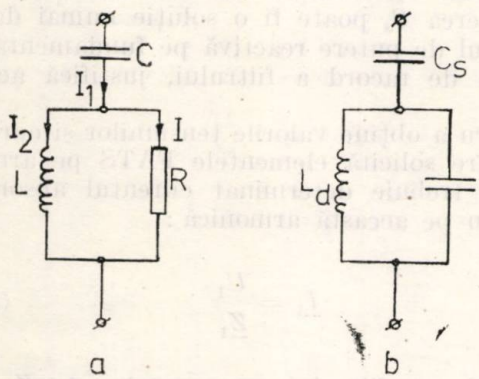


Fig. 1.

le fac mai potrivite utilizării în combinație cu FATB.

FATS constituit dintr-o capacitate C înseriată cu un circuit derivație L—R (fig. 1*a*) este cunoscut, ca schemă de principiu, sub denumirea de „circuit Boucherot". Acest tip de filtru este mai frecvent utilizat pentru tratarea armonicilor cu rang $\nu \geq 11$, de exemplu în cazul stațiilor care alimentează mutatoare cu 12 pulsuri. Poate fi folosit singur (ca în cazul stației Tristate — S.U.A.), dar mai ales împreună cu FATB acordate pe armonicile de rang 5, 7, 11 și 13 (ca în cazul stațiilor Sakuma — Japonia, Saco — Italia, Pacific Intertie — S.U.A., Eel River — Canada, Kontiskan — Danemarca etc.) [1].

Impedanța filtrului, calculată pentru o armonică de rang carecare, ν, are următoarea expresie:

$$Z_\nu = \frac{\sqrt{\nu^2\omega_1^2L^2 + R^2(\nu^2\omega_1^2LC - 1)^2}}{\nu\omega_1 C\sqrt{R^2 + \nu^2\omega_1^2L^2}}, \quad (1)$$

în care:

$\omega_1 = 2\pi f_1$, f_1 fiind frecvența fundamentalei.

La rezonanță

$$\nu_{rez} \cdot \omega_1 = \frac{1}{\sqrt{LC}} \quad (2)$$

impedanța are o valoare minimă:

$$Z_{rez} = \frac{L}{\sqrt{C(R^2C + L)}} \quad (3)$$

Impedanța filtrului pe armonica fundamentală, Z_1, se poate determina cu (1), punînd $\nu = 1$, iar curentul absorbit, I_1, cu:

$$I_1 = \frac{U_1}{Z_1} = \frac{U_1 C\omega_1\sqrt{R^2 + \omega_1^2L^2}}{\sqrt{\omega_1^2L^2 + R^2(\omega_1^2LC - 1)^2}}, \quad (4)$$

în care U_1 este tensiunea de armonică 1 pe bara de racord.

Pentru valori suficient de mari ale R și $\nu_{rez} \geq$ ≥ 11, se poate scrie, cu aproximație:

$$I_1 \simeq U_1 \cdot C\omega^2 \quad (5)$$

În aceleași condiții, puterea reactivă Q_1, produsă de filtru pe armonica 1, se poate determina cu:

$$Q_1 \simeq U_1 \cdot I_1 \quad (6)$$

Din (5) și (6) rezultă valoarea capacității C, cu suficientă precizie pentru calculele practice:

$$C \simeq \frac{Q_1}{U_1^2\omega_1} \quad (7)$$

Valoarea inductanței L se obține cu relația (2), pentru ν_{rez} impus.

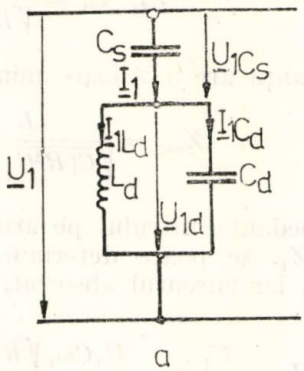
Filtrarea eficientă a armonicilor de rang $\nu > \nu_{rez}$ necesită valori relativ ridicate pentru R, însă trebuie să se țină seama și de pierderile pe care aceasta le provoacă. Se recomandă [1] ca R să fie optimizată prin metoda iteraților succesive, în scopul minimizării pierderilor.

FATS de ordinul 2, prezentat în figura 1 *b*, conține o capacitate C_s înseriată cu un circuit derivație $L_d - C_d$. Schema de principiu, însoțită de notarea parametrilor — tensiuni și curenți — pe armonica fundamentală, este reprodusă în figura 2 *a*, iar diagrama fazorială a tensiunilor și curenților, pe aceeași armonică, în figura 2 *b*.

Impedanța filtrului, pentru o armonică oarecare de rang ν, are următoarea expresie:

$$\underline{Z}_\nu = j\,\frac{\nu^2\omega_1^2 L_d(C_s + C_d) - 1}{C_s\nu\omega_1(1 - L_d C_d\nu^2\omega_1^2)} \tag{8}$$

Impedanța $\underline{Z}_\nu$ a fost obținută pe baza schemei filtrului, neglijînd rezistențele elementelor componente.



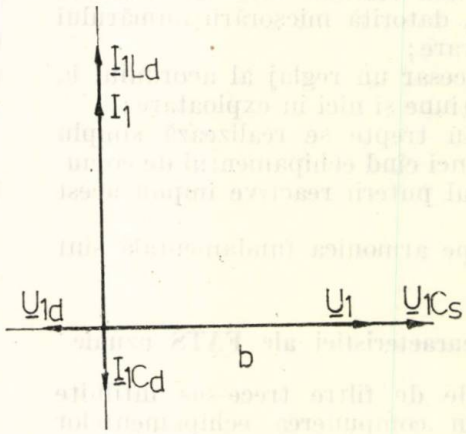


Fig. 2.

Deci:

$$\underline{Z}_\nu = -j\cdot X_{\nu C_s}\cdot k_\nu \tag{15}$$

Factorul k_ν caracterizează proprietățile absorbante, pe armonici înalte, ale FATS, comparativ cu ale capacității C_s, utilizată ca atare (fără a fi amenajată ca element de filtru).

Spre a satisface dezideratul unui grad de filtrare cît mai ridicat pe armonici înalte, este necesar ca factorul k_ν să aibă o valoare cît mai redusă, iar C_s, o valoare cît mai ridicată.

Creșterea C_s poate fi o soluție numai dacă necesarul de putere reactivă pe fundamentală la bara de racord a filtrului, justifică acest lucru.

Pentru a obține valorile tensiunilor și curenților care solicită elementele FATS pe armonica 1, trebuie determinat curentul absorbit de filtru pe această armonică:

$$\underline{I}_1 = \frac{\underline{U}_1}{\underline{Z}_1} \tag{16}$$

Impedanța filtrului pe armonica 1, $\underline{Z}_1$ se află cu (11), în care punem $\nu = 1$:

$$\underline{Z}_1 = -j\,\frac{1}{C_s\cdot\omega_1}\cdot\frac{A_0}{A_p} \tag{17}$$

Din (16) și (17) rezultă:

$$\underline{I}_1 = j\,\frac{\underline{U}_1\cdot C_s\omega_1 A_p}{A_0} \tag{18}$$

Așadar,

$$U_{1C_s} = \frac{I_1}{C_s\omega_1} = U_1\cdot\frac{A_p}{A_0} \tag{19}$$

$$U_{1d} = U_1\left(1 - \frac{A_p}{A_0}\right) \tag{20}$$

Caracteristica FATS prezintă, ca puncte singulare, zeroul:

$$\omega_0 = \nu_0\cdot\omega_1 = \frac{1}{\sqrt{L_d(C_s + C_d)}} \tag{9}$$

și polii:

$$\omega_p' = 0\,;\ \omega_p = \nu_p\cdot\omega_1 = \frac{1}{\sqrt{L_d C_d}} \tag{10}$$

Cu (9) și (10), expresia (8) devine:

$$\underline{Z}_\nu = -j\cdot\frac{1}{C_s\omega_1}\cdot\frac{1}{\nu}\cdot\frac{A - A_0}{A - A_p}, \tag{11}$$

în care:

$$A = \frac{\nu^2 - 1}{\nu^2}\,;\ A_0 = \frac{\nu_0^2 - 1}{\nu_0^2}\,;\ A_p = \frac{\nu_p^2 - 1}{\nu_p^2} \tag{12}$$

Se observă că impedanța FATS se obține înmulțind reactanța opusă de C_s pe armonica ν:

$$X_{\nu C_s} = \frac{1}{C_s\nu\,\omega_1} \tag{13}$$

cu un factor întotdeauna supraunitar pentru $\nu > \nu_p > \nu_0$:

$$k_\nu = \frac{A - A_0}{A - A_p} = \frac{\left(\frac{\nu}{\nu_0}\right)^2 - 1}{\left(\frac{\nu}{\nu_p}\right)^2 - 1} > 1 \tag{14}$$

$$I_{1L_d} = \frac{U_d}{L_d \omega_1} \tag{21}$$

$$I_{1C_d} = U_d \cdot C_d \omega_1 \tag{22}$$

Se observă că :

$$\frac{I_{1L_d}}{I_{1C_d}} = \frac{1}{L_d \cdot C_d \cdot \omega_1^2} = \nu_p^2$$

așadar ramura L_d se încarcă mult mai puternic cu curent de armonică 1, față de ramura C_d.

Puterea reactivă produsă de FATS pe armonica fundamentală se determină cu relația evidentă :

$$Q_1 = U_1 \cdot I_1 \tag{23}$$

Înlocuind I_1 cu valoarea dată de (18), se obține în final :

$$C_s = \frac{Q_1}{U_1^2 \omega_1} \cdot \frac{A_0}{A_p} \tag{24}$$

Capacitatea C_s se poate dimensiona cu expresia (24), cunoscînd puterea reactivă Q_1 care de regulă, se impune; raportul $\frac{A_0}{A_p}$ este foarte puțin influențat de valorile uzuale ale ν_0 și ν_p și este egal practic cu 1.

Din relațiile (9) și (10) rezultă cu ușurință :

$$C_d = \frac{C_s}{\alpha} \tag{25}$$

$$L_d = \frac{1}{C_s \cdot \omega_1^2} \cdot \frac{\alpha}{\nu_p^2} \tag{26}$$

în care s-a notat :

$$\alpha = \left(\frac{\nu_p}{\nu_0}\right)^2 - 1 \tag{27}$$

Formulele (24), (25), (26) și (27) pot constitui baza dimensionării elementelor FATS. În vederea optimizării acestei operații, trebuie observat că :

— valori mari și apropiate între ele pentru ν_0 și ν_p duc la un grad de filtrare ridicat pe armonici înalte ($\nu > \nu_p$), precum și la reducerea valorii inductanței L_d, datorită diminuării factorului α;

— obținerea unor capacități (C_s, C_d) de valori reduse necesită, dimpotrivă, un factor α cît mai ridicat și un raport $\frac{A_0}{A_p}$ cît mai mic, ceea ce implică un ν_0 cît mai coborît și un ν_p cît mai ridicat.

În ceea ce privește valoarea ν_p, aceasta este impusă de considerente de ordin tehnic, în vederea satisfacerii condiției de filtrare a armonicilor înalte.

Practic, după stabilirea Q_1 și ν_p și aflarea C_s cu formula (24), rămîn de calculat L_d și C_d. Întrucît costurile acestor elemente variază diferit în raport cu $\alpha(\nu_0)$, suma lor poate fi minimizată.

Presupunînd că se cunosc :

l = costul specific al bobinelor din alcătuirea L_d (lei/mH) ;

c = costul specific al condensatoarelor ce formează C_d (lei/μF), va trebui aflat minimul funcției :

$$B(\alpha) = l \cdot L_d + c \cdot C_d \tag{28}$$

Anulînd derivata acesteia în raport cu α, se obține :

$$\frac{dB}{d\alpha} = \frac{d}{d\alpha}\left(c\frac{C_s}{\alpha} + \frac{l}{C_s \cdot \omega_1^2} \cdot \frac{\alpha}{\nu_p^2}\right) = 0 \tag{29}$$

Rezultă în final :

$$\alpha_{optim} = C_s \cdot \omega_1 \cdot \nu_p \sqrt{\frac{c}{l}\left(\frac{\nu_p}{\nu_{0\,optim}}\right)^2 - 1} \tag{30}$$

Cu relația (30) se poate determina ν_{0optim} și apoi L_d și C_d. Întrucît nu se cunosc cu exactitate, de la început, costurile specifice l și c (acestea depind și de valorile L_d și C_d), este indicată aplicarea metodei iterațiilor succesive : se pornește calculul cu valori orientative pentru l și c, se află L_d și C_d după care se aleg tipurile de bobine și de condensatoare cele mai potrivite; cu noile costuri specifice, l' și c', se reia calculul etc. De regulă două iterații sînt suficiente. În final se determină cu precizie C_s, aplicînd (24).

2. Analiza unor posibilități de utilizare combinată a FATS și FATB

În scopul evidențierii aspectelor importante ale utilizării FATS în combinație cu FATB, în continuare va fi analizat, la modul general, cazul unei anumite instalații de compensare și filtrare cu FATB pe armonicile 5, 7, 11 și 13. Schema de principiu și caracteristica de frecvență sînt redate în figurile 3 a și b.

Prin dimensionarea conform metodei expuse în [4], au rezultat valorile inductanțelor și capacităților celor patru trepte de filtrare (CRS) indicate în tabelul 1. Acest tabel mai cuprinde puterile reactive (pe o fază) produse de fiecare CRS pe fundamentală (Q_{1m}) și curenții armonicilor de acord, cu care se încarcă treptele (I_m).

Puterea reactivă produsă pe fundamentală de CRS_m se determină cu formula cunoscută [4] :

$$Q_{1m} = \lambda_{1m}^2 \cdot U_1^2 \cdot C_m \omega_1 \tag{31}$$

Tabelul 1

Ordinul armonicii de acord, m	I_m(A)	Q_{1m} (kVA)	L_m(mH)	C_m(μF)
5	50	387	4,11	98,7
7	30	275	2,89	71,6
11	20	230	1,38	60,6
13	20	250	0,91	66,1

B — înlocuirea CRS_{11} și CRS_{13} din FATB cu un FATS constituit dintr-o capacitate C_s, înseriată cu un circuit derivație $L_d - C_d$;

C — înlocuirea CRS_5, CRS_{11} și CRS_{13} din FATB cu un FATS de același tip ca în varianta B.

Din analiza realizării filtrării armonicilor superioare ($\nu = 11$, $\nu = 13$) cu ajutorul combinației de filtre FATB și FATS a rezultat că alegerea polului FATS trebuie să se facă la valori depărtate de acestea ($\nu \geqslant 50$).

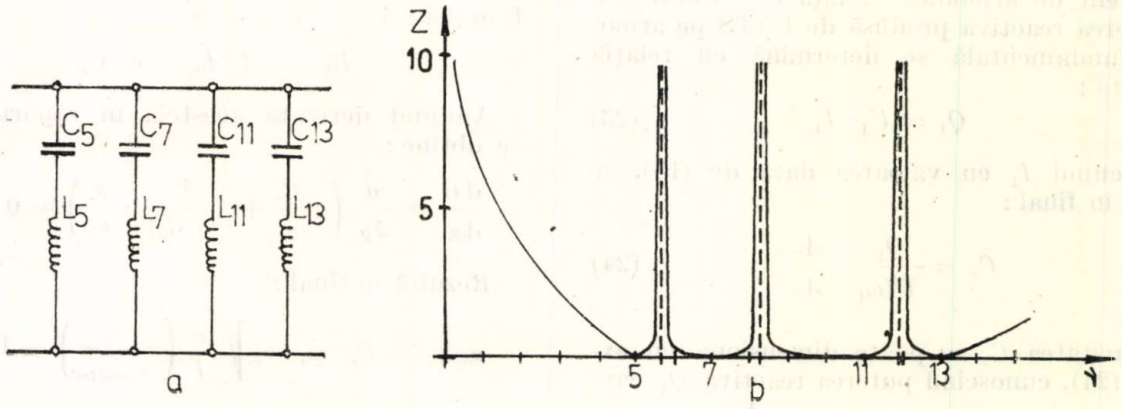


Fig. 3.

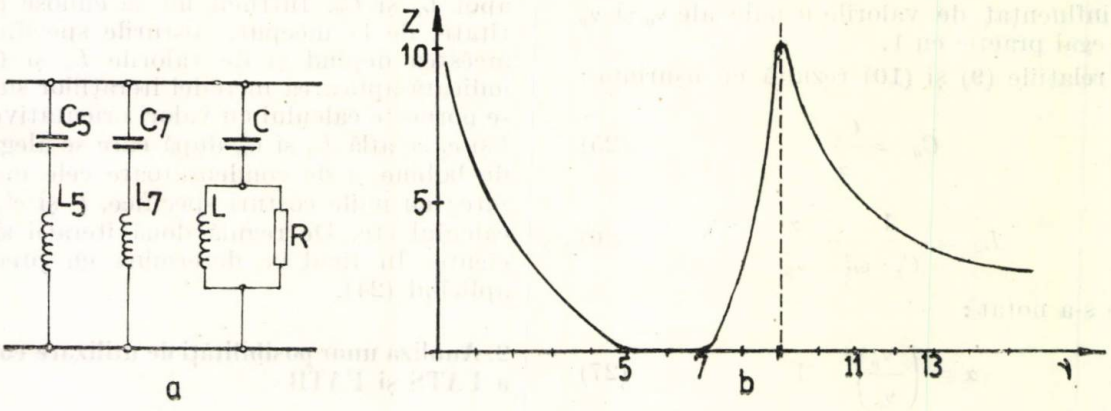


Fig. 4.

în care:

$$\lambda_{1m} = \frac{m^2}{m^2 - 1} \quad (\simeq 1, \text{ în primă aproximație, pentru } \nu \geqslant 5).$$

Se observă că această putere este, practic, proporțională cu valoarea capacității treptei, C_m.

Presupunînd că pe lîngă absorbția armonicilor predominante (5, 7, 11, 13) se urmărește și filtrarea eficientă a armonicilor înalte ($\nu \geqslant 13$), există posibilitatea amenajării combinate a FATB cu un FATS. În continuare vor fi analizate succint următoarele trei variante, comparativ cu soluția de bază (FATB exclusiv), prezentată anterior:

A — înlocuirea CRS_{11} și CRS_{13} din FATB descris cu un FATS constituit dintr-o capacitate C, înseriată cu un circuit derivație $L-R$;

Varianta A

Schema de principiu și caracteristica de frecvență a bateriei de filtre sînt prezentate în figurile 4 *a* și 4 *b*. Se adoptă pentru FATS, $\nu_{rez} = 11$.

Înlocuirea treptelor 11 și 13 din FATB (fig. 3 *a*) cu un FATS (fig. 4 *a*) trebuie făcută astfel încît puterea reactivă produsă pe fundamentală să se conserve. Această premisă conduce, practic, conform relațiilor (7) și (31), la egalitatea:

$$C = C_{11} + C_{13} = 126{,}7 \ \mu F$$

Inductanța L se determină cu (2) și rezultă valoarea $L = 0{,}66$ mH, mult inferioară inductanței totale a CRS_{11} și CRS_{13}, înlocuite.

Pentru o filtrare eficientă a armonicilor înalte, satisfăcînd şi condiţia unor pierderi minime, valoarea pentru rezistenţa R se stabileşte prin iteraţii succesive, rezultînd $R \simeq 10\ \Omega$.

Se constată că, pe lîngă realizarea dezideratului de filtrare a armonicilor înalte, soluţia combinată (varianta A) duce şi la ieftinirea costului inductanţelor; în schimb apare suplimentar rezistenţa R, care cauzează şi creşterea pierderilor de energie în exploatare. Reducerea

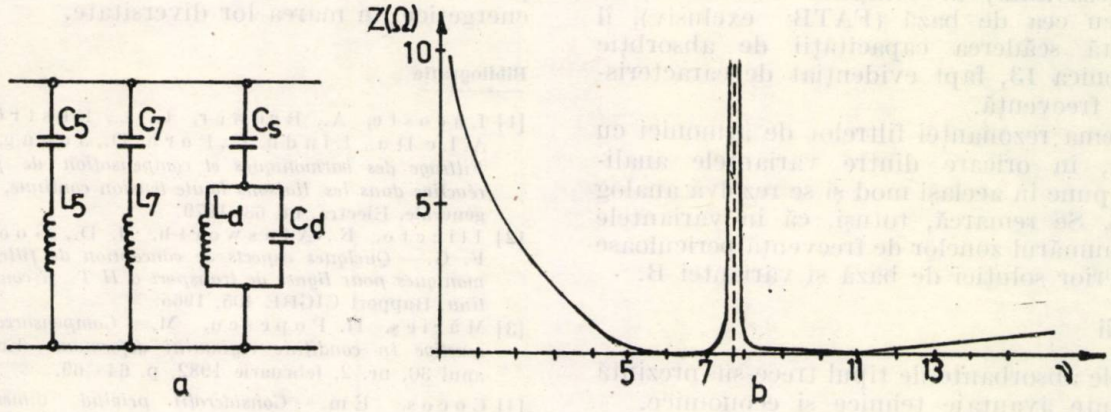


Fig. 5.

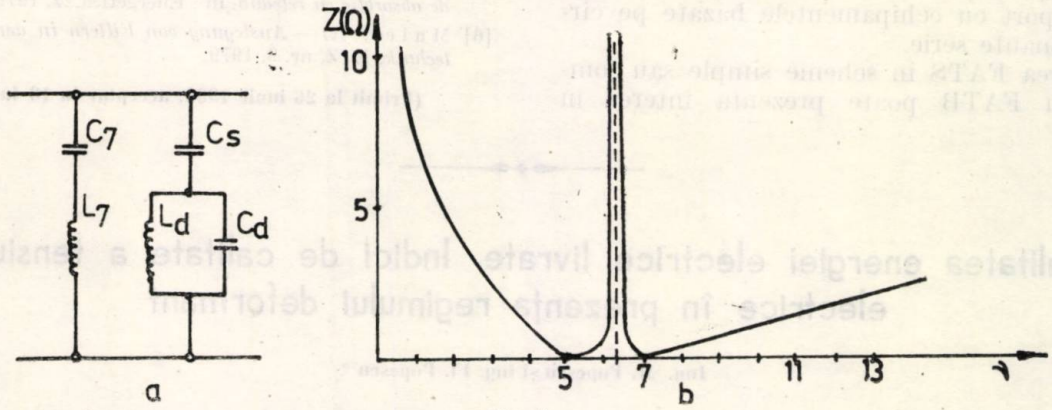


Fig. 6.

acestor pierderi, prin majorarea factorului de calitate al FATS, diminuează proprietăţile absorbante ale soluţiei, pe armonici înalte, ceea ce contravine scopului principal urmărit [1].

Varianta B

FATS va fi acordat astfel încît $\nu_0 = 11$ şi $\nu_p = 50$.

Schema de principiu a acestei soluţii este reprodusă în figura 5 *a*, iar caracteristica sa de frecvenţă în figura 5 *b*.

Din aceleaşi considerente menţionate la varianta anterioară, capacitatea C_s trebuie să conserve capacităţile CRS înlocuite, deci:

$$C_s = C_{11} + C_{13} = 126{,}7\ \mu\text{F}.$$

FATS mai conţine, în afara capacităţii C_s şi o capacitate C_d; aplicînd relaţiile (24) şi (25) se obţine $C_d = 6{,}44\ \mu$F.

Inductanţa L_d se determină cu (26), rezultînd $L_d = 0{,}629$ mH, inferioară inductanţei totale a treptelor înlocuite, însă, pentru a face o comparaţie exactă a costurilor, trebuie luată în considerare şi secţiunea conductoarelor bobinelor, mai mare în cazul inductanţei L_d; observaţia este valabilă şi în cazul variantei anterioare (A).

Varianta C

Se acordează astfel FATS încît $\nu_0 = 5$ şi $\nu_p = 50$.

Schema de principiu şi caracteristica de frecvenţă, în această variantă, sînt prezentate în figurile 6 *a* şi 6 *b*.

Se pune aceeaşi condiţie de conservare a puterii reactive produsă pe fundamentală, astfel încît:

$$C_s = C_5 + C_{11} + C_{13} = 225{,}4\ \mu\text{F}.$$

Valoarea capacităţii C_d se determină cu (24) şi (25): $C_d = 2{,}276\ \mu$F.

Inductanţa L_d se obţine cu (26): $L_d = 1{,}78$mH.

Se pot face aceleaşi constatări ca şi în analiza variantelor anterioare, referitoare la costurile C_d şi L_d. În ceea ce priveşte caracteris-

ticile de frecvenţă, se observă că între varianta C (fig. 6) şi soluţia de bază (fig. 3) nu intervin deosebiri majore. FATS acoperă, cu zeroul corespunzător armonicii 5, filtrarea curentului pe această armonică, iar pe armonicile 11 şi 13 impedanţa bateriei de filtre este destul de scăzută, permiţînd o absorbţie importantă a eventualelor armonici pe acest domeniu.

În exploatare, ordinea punerii în funcţiune va fi: FATS, CRS_7, iar ordinea scoaterii din funcţiune, inversă.

Un dezavantaj al soluţiilor combinate, în raport cu cea de bază (FATB exclusiv), îl reprezintă scăderea capacităţii de absorbţie pe armonica 13, fapt evidenţiat de caracteristicile de frecvenţă.

Problema rezonanţei filtrelor de armonici cu sistemul, în oricare dintre variantele analizate, se pune în acelaşi mod şi se rezolvă analog [4], [5]. Se remarcă, totuşi, că în variantele A şi C, numărul zonelor de frecvenţă periculoase este inferior soluţiei de bază şi variantei B.

Concluzii

Filtrele absorbante de tipul trece-sus prezintă importante avantaje tehnice şi economice.

Dimensionarea echipamentelor ce conţin FATS nu pune probleme deosebite sau mai dificile în raport cu echipamentele bazate pe circuite rezonante serie.

Utilizarea FATS în scheme simple sau combinate cu FATB poate prezenta interes în instalaţiile cu spectru larg şi aleatoriu al armonicilor generate de către anumiţi consumatori deformanţi, precum şi în instalaţii destinate în principal filtrării armonicilor.

Variantele de utilizare combinată a FATS şi FATB prezintă, una în raport cu cealaltă, particularităţi care le fac mai indicate sau mai puţin indicate în conjuncturi diferite. În afara soluţiilor analizate se pot imagina şi altele, care să poată răspunde mai bine cerinţelor concrete de compensare a regimului deformant şi puterii reactive, impuse de instalaţiile electroenergetice, în marea lor diversitate.

Bibliografie

[1] Lacoste, A., Brewer, G. L., Ekström, A., A. Le Du., Lindh, C., Porh, D., Joung, D. J.— *Filtrage des harmoniques et compensation de puissance réactive dans les liaisons haute tension continue*, Enquète générale, Electra, nr. 63, 1979.

[2] Iliceto, F., Ainsworth, J. D., Goodrich F. G. — *Quelques aspects de conception de filtres d'harmoniques pour lignes de transport a H.T. à courant continu*. Rapport CIGRE 405, 1965.

[3] Măriеş, H. Popescu, M. — *Compensarea puterii reactive în condiţiile regimului deformant*, Energetica, anul 30, nr. 2, februarie 1982, p. 64—69.

[4] Cocoş, Em. — *Consideraţii privind dimensionarea filtrelor absorbante*, Energetica, 28, 1980, nr. 7.

[5] Cocoş, Em. — *Evitarea producerii rezonanţei filtrelor de absorbţie cu reţeaua*. În: Energetica,27, 1979, nr.11—12.

[6] Maier, R. — *Auslegung von Filtern in der Starkstromtechnik*, ETZ, nr. 9, 1979.

(Primit la 26 iunie 1982, acceptat la 13 ianuarie 1983)

Calitatea energiei electrice livrate. Indici de calitate a tensiunii electrice în prezenţa regimului deformant

Ing. M. Popescu şi ing. Fl. Popescu *

Redacţia revistei supune acest articol atenţiei specialiştilor electroenergeticieni. Aşteptăm cu interes eventualele observaţii.

Articolul, precum şi sugestiile şi observaţiile specialiştilor vor sta la baza elaborării unui standard experimental românesc pe această temă.

Introducere

O primă cercetare a standardelor electrotehnice româneşti [1] evidenţiază lipsa formulării conceptului de *calitate a energiei electrice livrate* (CEEL). Prin convenţie se consideră că menţinerea nivelului şi frecvenţei de 50 Hz a tensiunii electrice între anumite limite asigură CEEL [2 ÷ 25].

Producătorul de energie electrică prevede anumite domenii de variaţie pentru nivelul şi frecvenţa de 50 Hz a tensiunii electrice [3].

Transportor-distribuitorul de energie electrică prevede anumite domenii de variaţie numai pentru nivelul tensiunii electrice [8 ÷ 10].

Dezvoltarea industrială din ţara noastră a dus la creşterea puterii echipamentelor electrice instalate la *consumatorii deformanţi* (CD), a căror funcţionare normală pe baza unor procese tehnologice specifice face necesară fie utilizarea

* Ing. M. Popescu este cercetător ştiinţific la ICEMENERG, ing. Fl. Popescu este dispecer şef de tură la DET Bucureşti.

de energie electrică cu alți parametri, fie utilizarea de alte forme de energie.

Instalațiile în care se realizează convertirea energiei electrice de 50 Hz în energie electrică de alți parametri sau în altă formă de energie au în general un caracter neliniar.

Această neliniaritate se manifestă prin modificarea legii de variație în timp a curentului față de legea de variație în timp a tensiunii de alimentare.

Astfel de instalații sînt:

— convertoarele statice de putere (mutatoarele) [26÷28], care pot funcționa în regim de redresor, invertor sau convertizor;

— convertoarele electrotermice [29÷32], care convertesc energia electrică în energie termică.

Aceste instalații sînt astfel realizate în prezent încît furnizează CD nu numai tipul nou de energie, ci și energie electrică cu diverși parametri de care CD nu are nevoie și în consecință o refulează spre rețeaua de alimentare, comportîndu-se față de aceasta ca un generator de curenți de diverse frecvențe.

În raport de frecvența tensiunii electrice, acești curenți pot fi armonici sau/și nearmonici. Deoarece cercetările au arătat că ponderea o dețin curenții armonici, în continuare ne vom referi numai la aceștia.

Dacă construcția echipamentului electric prin care se realizează alimentarea CD permite circulația curenților armonici, atunci la bornele acestui echipament vor apărea căderi de tensiuni armonice astfel încît fiecare curent armonic și tensiunea armonică de rang corespunzător se vor combina spre a da *energie electrică armonică* (EEA).

Prezența EEA în rețea duce la alterarea energiei electrice de 50 Hz, fapt evidențiat prin deformarea formei sinusoidale a tensiunii electrice și în consecință trecerea *sistemului electroenergetic* (SEE) de la funcționarea în regim sinusoidal la funcționarea în *regim deformant* (RD).

EEA se propagă în rețea, fiind aplicată la bornele tuturor echipamentelor electrice de la producător, transportor-distribuitor și consumatori, fără a fi necesară funcționării acestora, deci ea va reprezenta o perturbație.

Efectul perturbator al EEA depinde de tipul echipamentului electric:

— provoacă pierderi suplimentare de energie activă, care se traduc prin ridicarea temperaturii mașinilor rotative generatoare și consumatoare, a liniilor și cablurilor electrice de transport și distribuție, a bateriilor de condensatoare instalate pentru compensarea puterii reactive de la consumatori, din rețea sau de la bornele generatoarelor asincrone din microhidrocentrale, avînd drept consecință reducerea capacității de utilizare a aparatelor și utilajelor la parametri nominali și reducerea capacității de transport-distribuție a rețelei electrice;

— provoacă erori suplimentare în funcționarea aparatelor electrice și electronice de măsură, în special a contoarelor de inducție, și defecte în funcționarea aparatelor și mijloacelor de reglare, fie prin deplasarea momentului de trecere prin zero a undei de tensiune, fie prin creșterea valorii de vîrf a tensiunii;

— duce la creșterea zgomotului produs de mașinile electrice rotative și de alte aparate;

— la funcționarea defectuoasă a instalațiilor de telecomandă centralizată cu frecvență muzicală, a releelor și a instalațiilor de conducere prin calculator de proces;

— exercită influențe electromagnetice parazite asupra sistemelor de telecomunicații telefonice, telegrafice, radio, TV, telefonie prin înaltă frecvență situate în vecinătatea rețelelor;

— reduce efectul de compensare a curentului de scurtcircuit în rețelele cu neutrul tratat prin bobină de stingere;

— perturbațiile datorate EEA pot apărea în diferite puncte ale unei rețele departe de sursa perturbatoare, acest fenomen fiind susceptibil de a fi accentuat prin apariția de rezonanțe locale producătoare de supratensiuni și/sau supracurenți, mai ales în urma modificărilor în configurația geometrică a rețelei.

Unele dintre incovenientele prezentate corespund unor efecte medii pătratice, necesitînd o anumită durată de existență a EEA, în timp ce altele corespund unor efecte aproape instantanee.

În orice caz, mărimea acestor incoveniente este strîns legată de valorile componentelor armonice de tensiune. Datele de bază sînt furnizate de *nivelurile componentelor armonice de tensiune* (NCAT), exprimate în valori procentuale [33].

NCAT sînt prin definiție valorile procentuale ale raporturilor dintre valoarea efectivă a fiecărei componente armonice de tensiune și valoarea efectivă a fundamentalei tensiunii:

$$\mathrm{NCAT}_\nu(\%) = \frac{U_\nu}{U_1} \cdot 100, \qquad (1)$$

în care ν desemnează rangul componentei armonice.

Evaluarea NCAT se poate face prin calcul sau experimental.

Metodele bazate pe calcul sînt metode de preliminare, care permit obținerea unor estimații a NCAT pe care le poate avea funcționarea unui aparat a cărui instalare se intenționează; se poate deci studia în avans incidența diverșilor factori asupra NCAT create în tensiunea rețelei și în particular să se pre-

vadă măsurile necesare pentru limitarea lor la valori acceptabile.

Cînd trebuie examinată o problemă de perturbaţie cauzată de prezenţa EEA, informaţiile referitoare la condiţiile practice din reţeaua electrică pot fi obţinute numai prin măsurări. Calitatea şi precizia datelor ce se obţin sînt în mod evident dependente de metoda de măsurare utilizată.

Problemele legate de evaluarea NCAT sînt tratate pe larg în [34].

Dacă construcţia echipamentului prin care se realizează alimentarea CD nu permite circulaţia curenţilor armonici, atunci la bornele acestor echipamente nu vor apărea căderi de tensiuni armonice, deci nici EEA.

Echipamentul electric prezintă în mod uzual un caracter selectiv accentuat faţă de circulaţia curenţilor armonici, permiţînd unora să circule şi blocînd pe alţii, aşa cum se poate observa din exemplul unui puternic CD prezentat în continuare [35].

Măsurarea NCAT şi a nivelurilor componentelor armonice de curent (NCAI) în Staţia electrică CFR Chitila 27 kV

Punct de măsurare : celula trafo.

Mărimi analizate : tensiunea şi curentul pe fază din secundarele transformatoarelor de măsură.

Aparat de măsură : analizor de frecvenţă de la 50 Hz pînă la armonica 39, secvenţial cu comutare manuală pentru măsurarea armonicilor.

Eroarea : $\leqslant \pm 5\%$ faţă de valoarea instantanee a armonicii măsurate.

Rezultatele măsurilor sînt prezentate în tabelul 1 :

Consecinţele negative ale funcţionării SEE în RD impun necesitatea luării unor măsuri pentru reducerea efectelor sale. Nu se poate vorbi de anularea RD, ci de o minimizare a efectelor sale, deoarece, în primul rînd RD nu este constant în timp, depinzînd de caracteristicile tehnologice de funcţionare a CD, iar în al doilea rînd, anularea RD ar presupune cheltuieli nejustificate.

RD avînd consecinţe tehnico-economice defavorabile, este necesar să se controleze sistematic NCAT şi să se ia măsuri corespunzătoare pentru a împiedica depăşirea nivelurilor limită admisă în [33].

În tabelul 2 sînt prezentate valorile maxime atinse de CAT obţinute pe baza rezultatelor măsurătorilor NCAT efectuate de diferite colective de cercetare din ICEMENERG în perioada 1966—1982 [35].

Valorile prezentate în tabel au fost obţinute prin măsurări de scurtă durată (cel mult cîteva minute), de aceea au numai caracter informativ. Valori mult mai apropiate de funcţionarea SEE în RD se pot obţine numai prin înregistrări efectuate pe durate de cel puţin o săptămînă, atît iarna, cît şi vara.

1. Indici actuali de calitate a tensiunii electrice

Standardele, normativele, prescripţiile şi instrucţiunile din domeniile electrotehnicii şi energeticii sînt astfel elaborate încît să asigure realizarea cerinţelor impuse funcţionării SEE [36] :

— siguranţa în alimentarea consumatorilor ;

— livrarea unei energii electrice de bună calitate ;

— economicitate ;

— alte cerinţe speciale.

Tabelul 1

ν	2	3	4	5	6	7	8	9	11	13	15	17	19	25	29	35
$NCAI_\nu$	0,25	68,5	0,45	48,5	0,6	32	0,6	12	25	70	18,5	8,5	9	5,25	0,525	0,85
$NCAT_\nu$	0	5	0	2,5	0	1,55	0	1,95	3,75	0,75	0,6	0	0,6	0,15	0	0,05

Tabelul 2

U_n(kV) \ $NCAT_\nu$	$NCAT_3$	$NCAT_5$	$NCAT_7$	$NCAT_9$	$NCAT_{11}$	$NCAT_{13}$	$NCAT_{15}$
6	3,03	2,97	1,89	0,92	1,10	1,03	0,92
10	5,62	5,27	2,17	1,42	1,40	1,01	0,85
20	0,93	0,91	0,48	0,63	0,69	0,53	0,32
27 ÷ 35	5,00	2,50	1,55	1,95	3,75	0,89	0,60
110	1,77	1,70	0,65	0,41	0,61	0,89	0,48
220	1,13	0,69	0,49	0,41	0,23	0,46	0,32
400	0,225	1,10	1,15	0,03	0,105	0,035	0,09

Îndeplinirea acestor cerinţe se face de către conducerea operativă prin dispeceri, care asigură în mod continuu menţinerea parametrilor ce caracterizează tensiunea electrică trifazată în apropierea valorilor nominale de funcţionare şi anume :

— nivelul ;

— frecvenţa ;

— forma ;

— simetria.

Criteriul de calitate aplicat este cel al abaterilor limită admise faţă de valorile nominale şi sintetizate prin unul sau mai mulţi indici de

calitate pentru fiecare parametru caracteristic tensiunii electrice trifazate.

1.1. Nivelul de tensiune (NT) și nivelul abaterilor limită admise de tensiune (NALAT) (tabelul 3)

Tabelul 3

Producător, cf. STAS 10784/1 ; 2–77		Transportor-distribuitor, cf. STAS 930–75		Consumator –	
NT (kV)	NALAT	NT (kV)	NALAT	NT (kV)	NALAT
0,230 0,400 0,700	± 5 %	0,220 0,380 0,660	± (5—10) % ± (5—10) % ± 5 %	0,220 0,380 0,660	± 5 %
6,3 10,5 21	±5 %	6 10 20	± 5 %	6 10 20	±5 %
		110 220	± 10 %		
		400	± 5 %		

În practica actuală se cunoaște că menținerea NT este o problemă esențială de proiectare și exploatare a transportor-distribuitorului.

Indicele NALAT este ușor de aplicat în proiectarea și exploatarea SEE, dar nu cuprinde suficientă informație asupra duratei în care tensiunea electrică este fixată în apropierea limitelor admise și nici asupra corelării acestei durate cu palierul de putere activă cerut de consumator.

Mai relevanți din acest punct de vedere sînt indicii integrali de calitate a tensiunii electrice [37].

Determinarea NALAT se realizează prin înregistrări de lungă durată sau permanente ale valorii efective a tensiunii, urmate de prelucrarea datelor în vederea găsirii valorilor extreme și a duratei lor.

Aparatura necesară poate fi constituită din simple voltmetre înregistratoare pînă la telemăsurarea cuplată la calculator de proces, care asigură prelucrarea, afișarea și stocarea datelor de intrare și a rezultatelor obținute.

Metoda de măsurare și aparatura folosită pentru determinarea indicilor integrali de calitate a tensiunii electrice sînt descrise în [38].

1.2. Nivelul de frecvență (NF) și nivelul abaterilor limită admise de frecvență (NALAF) (tabelul 4)

Tabelul 4

Producător cf. STAS 10784/1 ; 2–77		Transportor-distribuitor cf. [39]		Consumator –	
NF (Hz)	NALAF	NF (Hz)	NALAF	NF (Hz)	ALAF
50	±4 %	50	—0,5 Hz +0,05Hz	50	± 5 %

Admiterea altor valori pentru NALAF se face în baza [40].

În practica actuală se cunoaște că menținerea NF este o problemă esențială de exploatare a producătorului.

Indicele NALAF este ușor de aplicat în proiectarea și exploatarea SEE, dar nici acesta nu cuprinde suficientă informație asupra duratei în care frecvența tensiunii electrice este fixată în apropierea limitelor admise și nici corelarea acestei durate cu palierul de putere activă cerut de consumator.

Determinarea NALAF se realizează prin înregistrări de lungă durată sau permanente ale valorii frecvenței tensiunii electrice, urmate de prelucrarea datelor în vederea găsirii valorilor extreme și a duratei lor.

Aparatura necesară poate fi constituită de la simple frecvențmetre cu lamele vibrante pînă la telemăsurare cuplată la calculator de proces, care asigură prelucrarea, afișarea și stocarea datelor de intrare și a rezultatelor obținute.

2. Indici de calitate a formei tensiunii electrice

Așa cum s-a arătat, funcționarea SEE în RD se caracterizează prin deformarea formei sinusoidale a tensiunii electrice.

Gradul de deformare sau abatere de la forma sinusoidală poate fi caracterizat prin indicii de calitate prezentați în continuare.

2.1. Coeficientul de distorsiune a tensiunii (CDT_1) este valoarea procentuală a raportului dintre valoarea efectivă a tuturor CAT pînă la un rang stabilit experimental (N = 25 sau N = 40) și valoarea efectivă a componentei fundamentale a tensiunii:

$$CDT_1(\%) = \frac{\sqrt{\sum_{\nu=2}^{N} U_\nu^2}}{U_1} \cdot 100 \qquad (2)$$

Pentru CDT_1 sînt deja normate niveluri limită admise pentru producător și transportor-distribuitor; în tabelul 5 sînt propuse niveluri limită admise și pentru consumator:

Tabelul 5

Producător cf. STAS 8211–77	Transportor-distribuitor cf. PE-143/80			Consumator
	< 1 kV	1–35 kV	≥110 kV	
(1,5—5) %	2 %	4 %	3 %	8 % accidental 4 % cca 1—2 ore/zi 2 % restul zilei

2.2. Coeficientul de deformare a tensiunii (CDT_2) este valoarea procentuală a raportului dintre valoarea efectivă a componentei fundamentale

a tensiunii și valoarea efectivă a undei de tensiune deformate :

$$CDT_2(\%) = \frac{U_1}{\sqrt{\sum_{\nu=1}^{N} U_\nu^2}} \cdot 100 \qquad (3)$$

Pe baza relațiilor matematice existente între expresiile de definire a CDT_1 și CDT_2 sînt prezentate nivelurile limită pentru CDT_2 în tabelul 6 :

Tabelul 6

Producător cf. STAS 8211–77	Transportor-distribuitor cf. PE-143/80			Consumator
	< 1 kV	1–35 kV	⩾110 kV	
(99,88—99,99)	99,98 %	99,92 %	99,96 %	99,68 % accidental 99,92 % circa 1—2 ore/zi 99,98 % restul zilei

2.3. Nivelul abaterii limită admise a valorii instantanee a tensiunii (*NALAVIT*) este valoarea procentuală a raportului dintre valoarea diferenței între valoarea instantanee a undei de tensiune deformate și valoarea instantanee a componentei fundamentale a tensiunii și valoarea maximă a undei de tensiune deformate :

$$\text{NALAVIT}(\%) = \frac{u(t) - u_1(t)}{\hat{U}} \cdot 100 \qquad 4)$$

Deoarece asupra acestui indice nu au fost efectuate încă cercetări experimentale, se dă valoarea menționată în literatură [41] de 5% pentru durate mai mari de 1,5 ms.

2.4. Nivelul abaterii limită admise a valorii efective a tensiunii (*NALAVET*) este valoarea procentuală a raportului dintre valoarea diferenței între valorile efective ale tensiunii la anumite intervale de timp stabilite experimental și valoarea efectivă a tensiunii maxime de funcționare a rețelei :

$$\text{NALAVET}(\%) = \frac{U(t_a) - U(t_b)}{U} \cdot 100 \qquad (5)$$

Nici asupra acestui indice nu au fost încă efectuate cercetări experimentale, de aceea se dă valoarea menționată în literatură [41] de 5% pentru intervale de timp de 5 s.

2.5. Nivele limită admise ale componentelor armonice de tensiune (*NLACAT*) sînt valorile procentuale ale raportului dintre valoarea efectivă a fiecărei CAT și valoarea efectivă a componentei fundamentale a tensiunii electrice și au aceeași expresie matematică cu NCAT.

Pentru NLACAT sînt deja normate valori pentru transportor-distribuitor [33]; în tabelul 7 sînt propuse valori admisibile și pentru consumator, indiferent de durată :

Tabelul 7

Producător	Transportor- distribuitor cf. PE-143/80			Consumator
	< 1 kV	1–35 kV	⩾ 110 kV	
	3—0,85 % 5—0,65 % 7—0,6 % 9—0,4 % 11—0,4 % 13—0,3 % 15—25 (imp) 0,25 % 2—24 (par) 0,2 %	3—1 % 5—2,5 % 7—2,5 % 9—1 % 11—1,5 % 13—1,5 % 15—25 (imp) 1 % 2—24 (par) 0,6 %	3—0,8 % 5—2 % 7—2 % 9—0,8 % 11—1 % 13—1 % 15—25 (imp) 0,8 % 2—24 (par) 0,5 %	3—0,5 % 5—1 % 7—1 % 9—0,5 % 11—0,5 % 13—0,5 % 15—25 (imp) 0,25 % 2—24 (par) 0,2 %

2.6. Defazaje limită admise ale componentelor armonice de tensiune față de tensiunea fundamentală (DLACATF) nu pot fi încă propuse din cauza lipsei de date experimentale, lipsă generată de neasimilarea în țară a echipamentului microelectronic necesar realizării unui astfel de dispozitiv complex de măsurare.

Se remarcă faptul că, dacă în prezent pentru nivelul și respectiv frecvența tensiunii electrice sînt suficienți cîte un singur indice de calitate, pentru forma tensiunii electrice sînt necesari cel puțin șase indici de calitate, ceea ce scoate în relief complexitatea deosebită a implicațiilor funcționării SEE în RD.

Această complexitate este sporită și de necesitatea studierii fenomenelor datorate RD nu numai prin reprezentare în domeniul timp, ci și prin reprezentare în domeniul frecvență, ceea ce impune aplicarea unui aparat matematic laborios, care multiplică în așa măsură suportul informației încît determină obligativitatea folosirii mijloacelor electronice de calcul cu program.

Astfel, în cazul evaluărilor cantitative ale efectelor funcționării SEE în RD, cele mai cuprinzătoare informații le furnizează reprezentarea în domeniul frecvență a fenomenelor, deoarece :

— CDT_1 se referă în esență la reducerea parametrilor nominali de funcționare a echipamentului electric ; iar CDT_2 la reducerea capacității de izolare a sistemului izolant din echipamentul electric ;

— NLACAT constituie pur și simplu distribuția cantitativă a perturbației EEA ; de aceea acest indice este deosebit de important pentru constructorii de echipament electric industrial și casnic.

Pentru evaluarea economică a efectelor funcționării SEE în RD, trebuie ca indicii cantitativi CDT_1 și CDT_2, cu diverse ponderări date de NLACAT și DLACATF, să fie integrați în timp.

Cînd evaluarea efectelor funcționării SEE în RD se referă la latura cronologică a proceselor perturbate, cea mai adecvată este studierea prin reprezentare în domeniul timp. Astfel:

— NALAVIT se referă în special la procesul de comutație a mutatoarelor, iar NALAVET la procese fiziologice de tipul flickerului.

O problemă la fel de complexă este cea a realizării mijloacelor de măsurare a indicilor de calitate a formei tensiunii electrice. Așa cum se observă din expresiile lor matematice de definire, ei nu se obțin numai prin măsurare, ci și prin prelucrarea rezultatului măsurării conform unei relații matematice, lucru posibil numai prin folosirea montajelor electronice.

Pînă în prezent, la noi în țară se realizează aparate electronice doar pentru măsurarea CDT_1 și a NLACAT. Cu ajutorul distorsiometrului tip E-0706 fabricat de IEMI București se poate măsura CDT_1, iar cu ajutorul detectorului de armonici cu filtre active tip DA-7 realizat de ICEMENERG București se pot obține valorile armonicilor de tensiune și curent de rang impar $3 \div 13$.

Este însă necesar ca la realizarea mijloacelor de măsurare a tuturor indicilor de calitate a tensiunii electrice să fie angrenată industria de specialitate, în vederea instituirii controlului CEEL și introducerii mecanismului financiar prin bonificații și penalizări aplicate consumatorilor în raport de menținerea CEEL.

3. Aspecte generale ale introducerii controlului CEEL

Introducerea controlului CEEL cuprinde cîteva etape:

— descrierea problemelor tehnice care trebuie să fie rezolvate în sfera normalizării;

— stabilirea *indicilor de calitate a tensiunii electrice* (ICTE) cei mai relevanți pentru rezolvarea acestor probleme și care, în același timp, să fie susceptibili măsurării;

— realizarea *mijloacelor de măsurare* (MM) a ICTE stabiliți;

— stabilirea responsabilităților financiar-juridice;

— stabilirea măsurilor tehnice și realizarea echipamentului de menținere și ridicare a CEEL.

3.1. Caracterul unificator al problemelor tehnice privind CEEL este dat de specificul SEE, care, pe de o parte, mijlocește influențarea reciprocă între consumatori cu cele mai diferite caracteristici tehnologice de funcționare care perturbează CEEL, iar pe de altă parte, permite instaurarea unei structuri organizatorice înalt ierarhizate de conducere prin dispeceri.

Creșterea ponderii puterii instalate la consumatorii perturbatori obligă consumatorii cu sarcină relativ constantă și neperturbantă să suporte o parte a pagubei rezultată din acțiunea negativă a perturbațiilor transmise prin rețea asupra procesului lor tehnologic și a duratei de viață a echipamentului electric propriu.

De aceea este necesar ca una din funcțiile importante ale instituirii controlului CEEL să o constituie depistarea consumatorului perturbator. Îndeplinirea acestei funcții se face ușor atunci cînd se cunoaște tipul procesului tehnologic al consumatorilor alimentați, permițînd concluzionarea precisă a sursei perturbatoare. În cazul general însă, fie nu se deține această informație, fie că perturbațiile sînt contopite de la mai mulți consumatori în aceeași stație de distribuție, astfel încît procesul de discriminare a consumatorilor perturbatori se poate face numai prin măsurare cu MM specializate.

3.2. În lucrare au fost prezentați atît ICTE folosiți în prezent, cît și cei propuși spre utilizare în viitor privind nivelul, frecvența și forma tensiunii electrice trifazate; setul de ICTE urmează să fie completat cu cei privind simetria.

Odată ICTE stabiliți, vor trebui normate valori pe baza criteriului abaterilor limită admise. Ținînd cont de specificul funcționării consumatorilor, determinarea abaterilor limită admise pentru fiecare ICTE în parte se poate face numai prin metode statistice.

3.3. Se știe că eficiența în exploatare a mijloacelor tehnice destinate realizării unui proces scade în medie cu 30% în cazul cînd alegerea puterii optime și a caracteristicilor de reglaj se face pe baza unor informații care nu sînt obținute direct cu MM specializate de urmărire a variației parametrilor caracteristici ai procesului respectiv.

Realizarea MM a ICTE constituie o investiție considerabilă. De aceea trebuie făcută optimizarea între gradul de relevanță asupra perturbației și efectelor sale al fiecărui ICTE și costul MM prin care se efectuează măsurarea lui. Din acest punct de vedere se explică și larga utilizare a indicelui NALAT. Soluția trebuie să ducă la unificarea măsurărilor într-un număr cît mai mic de MM, care să folosească cît mai multe părți comune, sau module interschimbabile.

De asemenea, trebuie ținut cont de faptul că este mai avantajos din punct de vedere economic realizarea de MM pentru determinări succesive, decît simultane pentru tensiuni și curenți. Se estimează că impunerea condiției de simultaneitate în măsurare aproape dublează costul MM.

Factorii hotărîtorii în alegerea tipului MM rămîn însă caracterul statistic al variaţiei în timp a fiecărui ICTE şi răspîndirea consumatorilor în SEE. De aceea, soluţia cea mai eficientă, (şi mai elegantă) este realizarea MM sub forma unor convertoare de emisie pentru cuplarea la calculatorul de proces de la *dispecerul energetic de distribuţie* (DED). În acest fel se obţine :

— determinarea simultană a ICTE şi stabilirea diferitelor corelaţii între ei ;

— prelucrarea statistică a variaţiei ICTE ;

— scurtarea timpului de măsurare ;

— reglarea optimă a mijloacelor de menţinere şi ridicare a CEEL ;

— prezentarea operativă a rezultatelor în vederea luării deciziei ;

— eliminarea operatorului din lanţul de măsurare ;

— memorarea şi elaborarea de protocoluri ;

— adaptabilitatea la schimbări posibile ale ICTE.

3.4. Contradicţia evidentă între producător şi transportor-distribuitor, pe de o parte, şi consumatorii perturbatori, de cealaltă parte, necesită instaurarea unor raporturi juridice între părţi şi stabilirea de responsabilităţi financiare referitoare la CEEL. În prezent, „Regulamentul pentru furnizarea şi utilizarea energiei electrice" prevede la art. 240 ca numai furnizorul să fie penalizat cu 12,5% şi 25% pentru livrarea de energie electrică de tensiune sau frecvenţă şi respectiv de tensiune şi frecvenţă necorespunzătoare.

Aplicarea consecventă a principiului conform căruia partea vinovată datorează celeilalte părţi penalităţi, precum şi despăgubiri în vederea reparării prejudiciului cauzat din culpa sa, necesită o reflectare corespunzătoare în „Regulament..." şi în ceea ce priveşte consumatorii.

Odată cu intrarea în vigoare a unui standard de CEEL şi realizarea controlului ICTE, „Regulamentul ..." trebuie să prevadă în mod expres :

— obligativitatea consumatorilor de a urmări în mod continuu ICTE ;

— obligativitatea consumatorilor de a asigura funcţionarea şi reglarea regimului de funcţionare în aşa fel încît să excludă posibilitatea perturbării altor consumatori şi a furnizorului ;

— obligativitatea consumatorilor de a plăti penalizări în mod diferenţiat în raport cu durata şi gravitatea deteriorării CEEL.

3.5. Aplicarea măsurilor tehnice şi realizarea echipamentului de menţinere şi ridicare a CEEL întîmpină dificultăţi din cauza efectuării lor numai de către furnizor. Un astfel de exemplu îl constituie compensarea puterii reactive: din cauza slabei dotări a consumatorilor cu mijloace de compensare, furnizorul se găseşte în imposibilitatea de a menţine nivelul de tensiune în limitele admise numai cu ajutorul propriilor sale mijloace.

Soluţia globală este dată de conjugarea eforturilor atît ale furnizorului, cît şi ale consumatorilor pentru menţinerea CEEL. Iar acest lucru se poate înfăptui numai pornind de la un act normativ.

(Articol primit la 26 mai 1982, acceptat la 13 ianuarie 1983)

Bibliografie

[1] * * * Institutul roman de standardizare. Indicatorul standardelor de stat 1981 (situaţia la 1980—12—31). Ediţie oficială. Ed. Tehnică, 1981.

[2] * * * STAS 9385—82 *Hidrogeneratoare sincrone. Reguli şi metode de verificare a calităţii.*

[3] * * * STAS 10784/1 ; 2—77 *Turbogeneratoare.*

[4] * * * STAS 8211—77 *Maşini sincrone trifazate. Metode de încercare.*

[5] * * * STAS 1893—78 *Maşini electrice rotative. Condiţii tehnice generale de calitate.*

[6] * * * STAS 4861/1—4—73 *Maşini electrice rotative.*

[7] * * * STAS 9904/1—13—81 *Maşini electrice rotative. Metode de încercare.*

[8] * * * STAS 930—75 *Reţele electrice. Tensiuni nominale şi abateri admisibile.*

[9] * * * STAS 2613—66 *Reţele de tracţiune electrică. Tensiuni nominale şi sisteme de curent.*

[10] * * * STAS 7044—75 *Reţele şi receptoare electrice miniere. Tensiuni nominale.*

[11] * * * STAS 440—62 *Transformatoare de putere, trifazate în ulei. Caracteristici electrice.*

[12] * * * STAS 1703/1—7—80 *Transformatoare de putere.*

[13] * * * STAS 10381/1—4—76 *Transformatoare.*

[14] * * * STAS 7083—70 *Condensatoare pentru îmbunătăţirea factorului de putere la instalaţiile electrice de curent alternativ. Condiţii generale.*

[15] * * * STAS 11256/1 ; 2—79 *Relee de măsură cu o singură mărime de alimentare de intrare.*

[16] * * * STAS 12027—82 *Relee electrice.*

[17] * * * STAS 881—71 *Motoare electrice asincrone trifazate de la 0,06 la 132 kW. Puteri, tensiuni şi turaţii nominale.*

[18] * * * STAS 6587—79 *Motoare asincrone trifazate normale de la 132 kW la 2000 kW. Puteri, tensiuni şi turaţii nominale.*

[19] * * * STAS 6991—75 *Motoare asincrone trifazate de la 110 la 1000 kW. Puteri, tensiuni şi turaţii nominale.*

[20] * * * STAS 7246/1—4—82 *Motoare asincrone trifazate. Metode de încercare.*

[21] * * * STAS 10308—75 *Motoare asincrone monofazate. Condiţii tehnice.*

[22] * * * STAS 8138/1—76 *Echipament electric pentru maşini-unelte. Condiţii tehnice generale de calitate.*

[23 * * * STAS 10413—76 *Unelte electrice portabile. Condiţii tehnice generale de calitate.*

[24] * * * STAS 3009—76 *Lămpi electrice cu incandescenţă de format normal. Tensiuni şi puteri nominale.*

[25] * * * STAS 7832/1—5—78 *Lămpi electrice cu descărcare în gaze.*

[26] Fransua, Al. ş.a. *Maşini şi sisteme de acţionări electrice. Probleme fundamentale*, Ed. Tehnică, 1978.

[27 Kelemen, A., Imecs, M. *Mutatoare*, Ed. didactică şi pedagogică, 1978.

[28] Möltgen, G. *Tiristoarele în practică* (2 vol.), Ed. Tehnică, seria „Practica", 1970.

[29] Comşa, D. *Utilizări ale energiei electrice*, Ed. didactică şi pedagogică, 1973.

[30] Comşa, D. *Proiectarea instalaţiilor electrice industriale*, Ed. didactică şi pedagogică, 1979.

[31] Comşa, D., Pantelimon Lucia. *Electrotermie*. Ed. didactică şi pedagogică, 1979.

[32] Miclescu, Th. ş.a. *Utilizarea energiei electrice*, Ed. didactică şi pedagogică, 1980.

[33] Ministerul Energiei Electrice, PE-143/80, Normativ privind limitarea regimului deformant, ICEMENERG, 1980.

[34] Popescu, M. *Evaluarea nivelului şi efectului armonicilor în staţii cu consumatori deformanţi în vederea stabilirii posibilităţilor de montare a bateriilor de condensatoare şi racordării de consumatori de regim deformant*, seria „Generalizarea experienţei de exploatare" ICEMENERG, 1982.

[35] Popescu, M. *Evaluarea nivelului şi efectului armonicilor în staţii cu consumatori deformanţi în vederea stabilirii posibilităţilor de montare a bateriilor de condensatoare şi racordării de consumatori de regim deformant*, Contract de cercetare ICEMENERG nr. 6150/80, Faza II/dec. 1980, Faza III/oct. 1981.

[36] Crişan, O. *Sisteme electroenergetice*, Ed. didactică şi pedagogică, 1979.

[37] Poeată, A. I. *Utilizarea indicilor integrali pentru analiza calităţii tensiunii reţelelor electrice*, Producerea, transportul şi distribuţia energiei electrice, nr. 2, 1970.

[38] Poeată, A. I. *Voltmetre statistice pentru determinarea indicilor integrali de calitate ai tensiunii reţelelor electrice*, lucrare prezentată la Sesiunea de comunicări ICPET, 1971.

[39] Ministerul Energiei Electrice, Prescripţii tehnice privind reglajul de frecvenţă şi schimbul de pntere între sistemele interconectate, DEN, 1982.

[40 Ministerul Energiei Electrice, PE-025/81 Normativ privind insularizarea centralelor electrice de pe platforme industriale, ICEMENERG, 1981.

[41] ČSVTS, EGÚ Jakost dodávané elektrické energie. Sbornik referátů celostátni konference s mezinárodni účasti v Brne a Dodátek ke sborniku referátů, Brno, 1—18 listopadu 1981 Calitatea energiei electrice livrate. Culegerea de referate a conferinţei naţionale cu participare internaţională în Brno şi Supliment la culegerea de referate, Brno, 17—18 noiembrie 1981).

Consideraţii privind protecţia maximală de curent temporizată cu blocaj de tensiune minimă

Ing. E. Covar*

1. Introducere

Protecţia maximală de curent temporizată cu blocaj de tensiune minimă este utilizată (ca protecţie de rezervă) pentru protecţia împotriva scurtcircuitelor la elementele de reţea cu reactanţă relativ mare (transformatoare, generatoare), deoarece la acestea scăderea de tensiune necesară pentru acţionarea releelor de tensiune minimă se realizează la un curent de scurtcircuit relativ mic.

Se consideră [1] că un curent de scurtcircuit produce o scădere de tensiune mult mai pronunţată decît un curent de sarcină de aceeaşi valoare (acelaşi modul al fazorului curent) şi în acest fel protecţia maximală de curent temporizată cu blocaj de tensiune minimă poate deosebi curenţii de scurtcircuit faţă de curenţii de suprasarcină, comandînd deconectarea elementului de reţea protejat numai în caz de scurtcircuit. Aceasta permite, în final, reglarea releelor de curent în raport cu curentul nominal al transformatorului sau generatorului, la circa $(1{,}3 \div 1{,}4)\ I_n$[1], ceea ce duce la o îmbunătăţire a sensibilităţii protecţiei maximale de curent temporizate cu blocaj de tensiune minimă. Această ultimă concluzie are în vedere numai curentul de pornire al releelor de curent, fără a verifica dacă în acelaşi timp demarează şi releele de tensiune minimă (scăderea de tensiune, produsă de curentul ce face să acţioneze releele de curent, trebuie să fie suficient de mare pentru a acţiona şi releele de tensiune). Acest aspect este determinant pentru sensibilitatea reală a protecţiei maximale de curent temporizate cu blocaj de tensiune minimă şi va fi analizat în continuare.

2. Comportarea protecţiei maximale de curent temporizate cu blocaj de tensiune minimă în regim de scurtcircuit simetric

Tensiunea U_m la care demarează releele de tensiune minimă trebuie să satisfacă relaţia:

$$U_m \leqslant \frac{U_{min.expl.}}{k_{sig} \cdot k_{rev}}, \qquad (1)$$

în care: $U_{min.expl.}$ este tensiunea minimă care poate apărea în regim normal de exploatare ($U_{min.expl.} = 0{,}95 U_n$ în care U_n este tensiunea nominală a reţelei [1]);

k_{sig} $= 1{,}1 \ldots 1{,}5$ — coeficient de siguranţă [1];

k_{rev} $= 1{,}15$ — coeficientul de revenire al releelor de tensiune minimă.

Considerînd:

$$k_{sig} = 1{,}15 \qquad (2)$$

se obţine:

$$U_m \leqslant 0{,}72\ U_n \qquad (3)$$

Avînd în vedere că în regim de autopornire a motoarelor electrice după goluri de tensiune, tensiunea poate scădea pînă la $0{,}7\ U_n$, pentru a evita funcţionarea protecţiei maximale de curent temporizate cu blocaj de tensiune mi-

* E. Covar este inginer la IITPIC.

nimă (întrucît și curentul de autopornire depășește, de regulă, valoarea la care demarează releele de curent) se indică în [1] valoarea:

$$U_m = (0{,}5 \ldots 0{,}6)\, U_n \qquad (4)$$

În cele ce urmează se va considera valoarea:

$$U_m = 0{,}6\ U_n \qquad (5)$$

Considerînd, spre exemplu, o schemă de distribuție ca în figura 1 rezultă o schemă echivalentă pe fază ca în figura 2. Presupunînd

← Fig. 1.

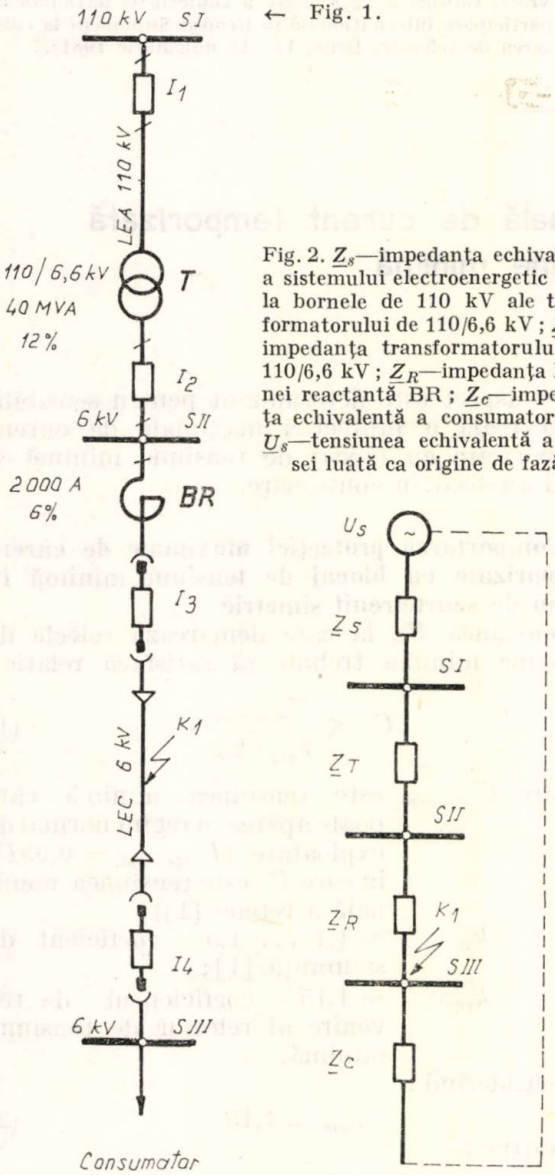


Fig. 2. $\underline{Z}_s$—impedanța echivalentă a sistemului electroenergetic pînă la bornele de 110 kV ale transformatorului de 110/6,6 kV; $\underline{Z}_T$—impedanța transformatorului de 110/6,6 kV; $\underline{Z}_R$—impedanța bobinei reactantă BR; $\underline{Z}_c$—impedanța echivalentă a consumatorului; $\underline{U}_s$—tensiunea echivalentă a sursei luată ca origine de fază.

că întreruptorul I 2 este prevăzut cu protecție maximală de curent temporizată cu blocaj de tensiune minimă, pentru analiza funcționării acestei protecții sînt utile schemele echivalente din figura 3 (regim normal de funcționare) și figura 4 (scurtcircuit în K 1).

Notînd cu I_{MT} valoarea curentului de pornire a protecției maximale de curent temporizate cu blocaj de tensiune minimă, funcționarea acesteia este condiționată astfel:

$$\begin{cases} U \leqslant U_m \\ I \geqslant I_{MT} \end{cases} \qquad (6)$$

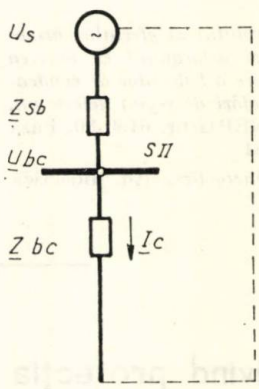


Fig. 3. $\underline{Z}_{sb}$— impedanța echivalentă a sursei pînă la bara S II; $\underline{Z}_{bc}$ — impedanța echivalentă în aval de bara S II (spre consumator); $\underline{U}_{bc}$— tensiunea pe bara S II.

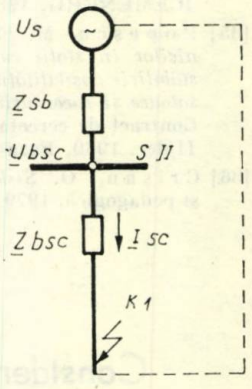


Fig. 4. $\underline{Z}_{sb}$— impedanța echivalentă a sursei pînă la bara S II; $\underline{Z}_{bsc}$ — impedanța echivalentă între bara S II și locul scurtcircuitului (K 1); $\underline{U}_{bsc}$ — tensiunea pe bara S II.

din care rezultă:

$$Z = \frac{U}{I} \leqslant \frac{U}{I_{MT}} \leqslant \frac{U_m}{I_{MT}} = Z_m \qquad (7)$$

Valorile U, I care satisfac relațiile (6) de pornire a protecției maximale de curent temporizate cu blocaj de tensiune minimă satisfac și relația:

$$Z \leqslant Z_m, \qquad (8)$$

care este condiția de pornire a unei protecții de impedanță minimă, deosebirea fiind aceea că relațiile (6) sînt mai restrictive decît relația (8). Acest lucru se vede și în diagrama din figura 5:

— valorilor U, I care satisfac relația (6) le corespunde domeniul dublu haşurat cuprins între dreptele AB, AC și CI și notat cu DF;

— valorilor U, I care satisfac relația (7), respectiv (8), le corespunde domeniul cuprins între dreptele OA și OI.

Pentru protecția maximală de curent temporizată cu blocaj de tensiune minimă instalată la întreruptorul I 2, tensiunea U este tensiunea pe bara S II, iar curentul I este curentul ce parcurge întreruptorul I 2 (respectiv înfășurarea de 6 kV a transformatorului T) astfel:

a) în regim de funcționare:

$$\begin{cases} \underline{U} = \underline{U}_{bc} \\ \underline{I} = \underline{I}_c \end{cases} \text{(fig. 3)} \qquad (9)$$

b) în regim de scurtcircuit trifazat în K 1 :

$$\begin{cases} \underline{U} = \underline{U}_{bsc} \\ \underline{I} = \underline{I}_{sc} \end{cases} \quad \text{(fig. 4)} \qquad (10)$$

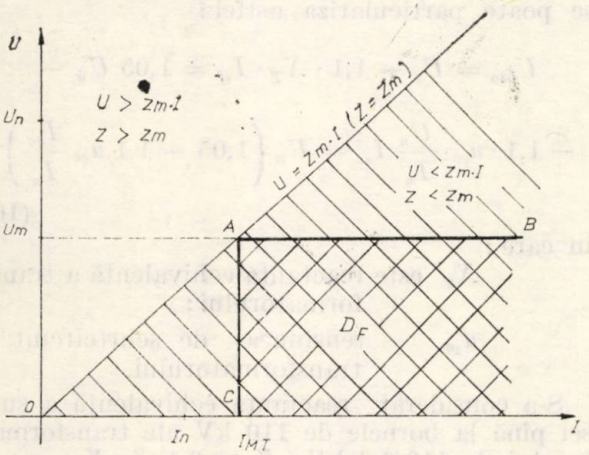


Fig. 5.

Se pot stabili relaţiile :

a) în regim normal de funcţionare :

$$\begin{cases} \underline{U}_{bc} = U_s - \underline{Z}_{sb} \cdot \underline{I}_c \\ \underline{U}_{bc} = \underline{Z}_{bc} \cdot \underline{I}_c \end{cases} \qquad (11)$$

b) în regim de scurtcircuit trifazat în K 1 :

$$\begin{cases} \underline{U}_{bsc} = U_s - \underline{Z}_{sb} \cdot \underline{I}_{sc} \\ \underline{U}_{bsc} = \underline{Z}_{bsc} \cdot \underline{I}_{sc} \end{cases} \qquad (12)$$

Deoarece releele de curent şi de tensiune controlează numai modulul fazorului curent, respectiv modulul fazorului tensiune (nu şi faza) se pot calcula şi reprezenta grafic numai modulele curenţilor şi tensiunilor din relaţiile (11) şi (12), astfel :

$$\begin{cases} U_{bc} = |\, U_s - \underline{Z}_{sb} \cdot \underline{I}_c \,| \\ U_{bc} = Z_{bc} \cdot I_c \end{cases} \qquad (13)$$

$$\begin{cases} U_{bsc} = |\, U_s - \underline{Z}_{sb} \cdot \underline{I}_{sc} \,| \\ U_{bsc} = Z_{bsc} \cdot I_{sc} \end{cases} \qquad (14)$$

Reprezentarea celei de a doua ecuaţii din relaţiile (13) în planul IOU este o dreaptă ce trece prin origine, avînd panta $\operatorname{tg} \alpha_c = Z_{bc}$, iar reprezentarea celei de a doua ecuaţii din relaţiile (14) este de asemenea o dreaptă ce trece prin origine, dar cu panta $\operatorname{tg} \alpha_{sc} = Z_{bsc}$ (fig. 7).

Pentru reprezentarea celorlalte două ecuaţii din relaţiile (13) şi (14) în care U_s, $\underline{Z}_{sb}$ sînt cunoscute ($U_s \approx 1{,}05\ U_n$) se pot efectua calcule pentru un şir de valori ale variabilelor I_c, I_{sc}, din care rezultă valorile corespunzătoare ale variabilelor dependente U_{bc}, U_{bsc}. De asemenea, se poate utiliza diagrama fazorială reprezentată în figura 6.

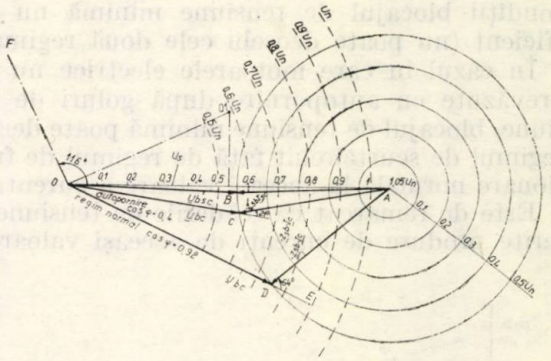


Fig. 6.

Din figura 6 se observă că o cădere fazorială de tensiune de modul $Z_{sb} \cdot I = 0{,}5\ U_n$, determină tensiuni diferite pe bara S II :

— în regim normal de funcţionare a consumatorului la un factor de putere $\cos \varphi = 0{,}92$ (φ este defazajul curentului $\underline{I}_c$ faţă de tensiunea $\underline{U}_{bc}$, care, iniţial, este necunoscută) se obţine :

$$U_{bc} = 0{,}74\ U_n > U_m = 0{,}6\ U_n ;$$

— în regim de autopornire a motoarelor electrice după goluri de tensiune la un factor de putere $\cos \varphi = 0{,}4$ se obţine :

$$U_{bc} = 0{,}56\ U_n < U_m = 0{,}6\ U_m ;$$

— în regim de scurtcircuit în punctul K 1 se obţine :

$$U_{bsc} = 0{,}54\ U_n < U_m = 0{,}6\ U_n .$$

Pentru construcţia diagramei s-a considerat că argumentul fazorului $\underline{Z}_{sb}$ este 87° (uzual pentru un transformator de 110/6,6 kV, 40 MVA).

De exemplu, se va descrie construcţia triunghiului OAD (determinarea punctului D). Pentru $\cos \varphi = 0{,}92$ rezultă $\varphi \approx 23°$, deci argumentul fazorului $\underline{Z}_{sb} \cdot \underline{I}_c$ este 87° — 23° = 64°, fiind egal cu $\sphericalangle$ADE. Rezultă că : $\sphericalangle$ODA = = 180° — 64° = 116°. Se construieşte pe segmentul OA un arc capabil de unghiul de 116°, care intersectează în D cercul de centru A şi rază egală cu 0,5 U_n. Construcţia arcului capabil de unghiul de 116° se efectuează astfel : se construieşte dreapta OF la 116° faţă de OA, se trasează dreapta OO_1 perpendiculară pe OF, care intersectează mediatoarea segmentului OA în punctul O_1, se construieşte cercul de centru O_1 şi rază $O_1O = O_1A$.

Se constată din diagrama din figura 6 că tensiunea pe bara S II în regim de scurtcircuit diferă puţin (cu 0,02 U_n) de tensiunea pe bara S II în regim de autopornire a motoarelor electrice la aceeaşi valoare a curentului. În aceste condiţii blocajul de tensiune minimă nu este eficient (nu poate deosebi cele două regimuri).

În cazul în care motoarele electrice nu sînt prevăzute cu autopornire după goluri de tensiune, blocajul de tensiune minimă poate deosebi regimul de scurtcircuit faţă de regimul de funcţionare normală la aceeaşi valoare a curentului.

Este de remarcat că scăderile de tensiune diferite produse de curenţi de aceeaşi valoare se

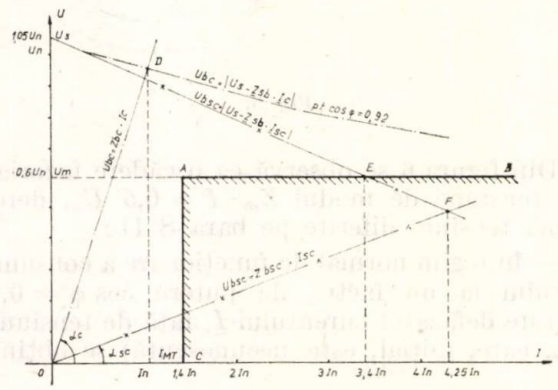


Fig. 7.

datoresc defazajelor diferite ale curenţilor respectivi faţă de tensiunea de pe bara S II, deci protecţia maximală de curent temporizată cu blocaj de tensiune minimă este o protecţie sensibilă la fază.

Reprezentarea ecuaţiilor (13) şi (14) este dată în figura 7, luînd ca exemplu un transformator de 110/6,6 kV, 40 MVA, $u_{sc} = 12\%$.

Funcţionarea la curentul nominal I_n al transformatorului de 110/6,6 kV corespunde punctului D, iar scurtcircuitul în punctul K 1 corespunde punctului F. Punctul E determină valoarea reală a curentului de pornire a protecţiei maximale de curent temporizate cu blocaj de tensiune minimă : 3,4 I_n, deşi releele de curent sînt reglate la $I_{MT} = 1{,}4 \cdot I_n$.

Diagrama din figura 7 poate servi la aprecierea utilităţii blocajului de tensiune minimă: dacă curentul de sarcină maximă este mai mic de $\frac{3{,}4}{1{,}4} I_n \approx 2{,}4\ I_n$, se poate renunţa la blocajul de tensiune minimă, reglînd releele de curent corespunzător relaţiei :

$$I_{pp} = \frac{k_{sig}}{k_{rev}} I_{sarc.\,max}, \qquad (15)$$

în care : I_{pp} — este curentul de pornire a protecţiei ;

k_{sig} — coeficientul de siguranţă ;

k_{rev} — coeficientul de revenire al releelor de curent ;

$I_{sarc.\,max.}$ — curentul de sarcină maximă.

Pentru transformatoare, prima ecuaţie (14) se poate particulariza astfel :

$$U_{bsc} = U_s - 1{,}1 \cdot X_T \cdot I_{sc} = 1{,}05\ U_n -$$

$$- 1{,}1 \cdot u_{sc} \cdot \frac{U_n}{I_n} I_{sc} = U_n \left(1{,}05 - 1{,}1\ u_{sc} \frac{I_{sc}}{I_n}\right) \qquad (16)$$

în care :

X_T este reactanţa echivalentă a transformatorului ;

u_{sc} — tensiunea de scurtcircuit a transformatorului.

S-a considerat reactanţa echivalentă a sursei pînă la bornele de 110 kV ale transformatorului de 110/6,6 kV : $\underline{Z}_s = 0{,}1 \cdot j \cdot X_T$.

Curentul real I_{ppr} de pornire a protecţiei maximale de curent temporizate cu blocaj de tensiune minimă corespunde valorii :

$$U_{bsc} = U_m = 0{,}6\ U_n,$$

introdusă în relaţia (16) :

$$0{,}6\ U_n = U_n \left(1{,}05 - 1{,}1\ u_{sc} \frac{I_{ppr}}{I_n}\right) \qquad (17)$$

de unde :

$$I_{ppr} = \frac{0{,}41}{u_{sc}} I_n \qquad (18)$$

Cîteva rezultate sînt date în tabelul 1.

Tabelul 1

Transformatoare					Generatoare	
u_{sc}	0,04	0,06	0,12	0,17	$x_d'' = 0{,}125$	$x_d' = 0{,}17$
$\frac{I_{ppr}}{I_n}$	10,3	6,8	3,3	2,4	3,6	2,65

Reactanţa generatoarelor creşte în timpul scurtcircuitului de la valoarea supratranzitorie x_d'' la valoarea tranzitorie x_d' în circa 0,1 ÷ 0,2 s, determinînd reducerea curentului I_{ppr} (se îmbunătăţeşte sensibilitatea protecţiei maximale de curent temporizate cu blocaj de tensiune minimă).

Valorile I_{ppr} din tabelul 1 arată că blocajul de tensiune minimă nu este în general util, iar la transformatoare cu tensiune de scurtcircuit mică este chiar dezavantajos.

Tensiunea remanentă la bornele de 110 kV ale transformatorului de 110/6,6 kV, în caz de scurtcircuit la bornele de 6 kV ale transformatorului de 110/6,6 kV, este mai mare de 0,8 U_n, chiar pentru transformatoare de 63 MVA, astfel că instalarea unei protecţii maximale de curent temporizate cu blocaj de tensiune minimă la întreruptorul de 110 kV al transformatorului nu este utilă. De aceea, în prezentul articol, protecţia maximală de curent temporizată cu blocaj de tensiune minimă a fost considerată la întreruptorul de 6 kV al transformatorului de 110/6,6 kV.

3. Comportarea protecţiei maximale de curent temporizate cu blocaj de tensiune minimă în regim de scurtcircuit asimetric

În cele expuse anterior a fost analizată funcţionarea protecţiei maximale de curent temporizate cu blocaj de tensiune minimă în cazul scurtcircuitelor trifazate.

În cazul scurtcircuitelor trifazate scăderea tensiunilor pe fază şi între faze are loc în acelaşi raport faţă de tensiunea nominală şi în aceeaşi măsură pentru toate fazele. De aceea, conectarea releelor de tensiune minimă la tensiunea de fază este echivalentă cu conectarea acestora la tensiunea dintre faze. În cazul scurtcircuitelor bifazate este avantajoasă conectarea releelor de tensiune minimă la tensiunea între faze, deoarece tensiunea între fazele defecte scade în proporţie mai mare decît tensiunea pe fazele defecte (aceasta rezultă din calculele ce urmează). În cazul scurtcircuitelor monofazate este avantajoasă conectarea releelor de tensiune minimă la tensiunea de fază, deoarece tensiunea pe faza defectă scade în proporţie mai mare decît tensiunile dintre faza defectă şi fazele sănătoase (aceasta rezultă din calculele ce urmează).

Din cele expuse mai sus rezultă că în reţelele cu neutrul izolat este necesară conectarea releelor de tensiune minimă la tensiunea între faze, iar în reţelele cu neutrul legat la pămînt este avantajoasă conectarea releelor de tensiune minimă la tensiunea de fază, avînd în vedere frecvenţa mai mare a scurtcircuitelor monofazate; o soluţie completă o reprezintă utilizarea a şase relee de tensiune minimă: trei relee conectate la tensiunea de fază şi trei relee conectate la tensiunea între faze, contactele celor şase relee fiind legate în paralel.

În cele ce urmează se vor utiliza notaţiile:

a) Scurtcircuit bifazat în punctul K 1:

$\underline{I}^{(2)}_{k1d}$ — componenta directă a curentului de scurtcircuit în punctul K 1 (locul scurtcircuitului);

$\underline{I}^{(2)}_{k1i}$ — componenta inversă a curentului de scurtcircuit în punctul K 1;

$\underline{I}^{(2)}_{k1h}$ — componenta homopolară a curentului de scurtcircuit în punctul K 1;

$\underline{U}^{(2)}_{bscd}$ — componenta directă a tensiunii pe bara S II (la scurtcircuit în punctul K 1);

$\underline{U}^{(2)}_{bsci}$ — componenta inversă a tensiunii pe bara S II;

$\underline{U}^{(2)}_{bsch}$ — componenta homopolară a tensiunii pe bara S II;

$\underline{U}^{(2)}_{bscR}$ — tensiunea fazei R pe bara S II;

$\underline{U}^{(2)}_{bscS}$ — tensiunea fazei S pe bara S II;

$\underline{U}^{(2)}_{bscT}$ — tensiunea fazei T pe bara S II;

$\underline{Z}_{scd}$ — impedanţa echivalentă de scurtcircuit (de la sursă la locul scurtcircuitului) de secvenţă directă;

$\underline{Z}_{sci}$ — impedanţa echivalentă de scurtcircuit de secvenţă inversă;

$\underline{Z}_{sch}$ — impedanţa echivalentă de scurtcircuit de secvenţă homopolară;

$\underline{Z}_{bscd}$ — impedanţa directă de la bara S II la punctele K 1;

$\underline{Z}_{bsci}$ — impedanţa inversă de la baza S II la punctul K 1;

$\underline{Z}_{bsch}$ — impedanţa homopolară de la bara S II la punctul K 1;

$\underline{Z}_{sbd}$ — impedanţa directă echivalentă (de la sursă) pînă la bara S II;

$\underline{Z}_{sbi}$ — impedanţa inversă echivalentă (de la sursă) pînă la bara S II;

$\underline{Z}_{sbh}$ — impedanţa homopolară echivalentă (de la sursă) pînă la bara S II.

b) Scurtcircuit monofazat în punctul K 1 (se presupune în acest caz că reţeaua are neutrul legat la pămînt):

$\underline{I}^{(1)}_{k1d}$ — componenta directă a curentului de scurtcircuit în punctul K 1 (locul scurtcircuitului);

$\underline{I}^{(1)}_{k1i}$ — componenta inversă a curentului de scurtcircuit în punctul K 1;

$\underline{I}^{(1)}_{k1h}$ — componenta homopolară a curentului de scurtcircuit în punctul K 1;

$\underline{U}^{(1)}_{bscd}$ — componenta directă a tensiunii pe bara S II (la scurtcircuit în punctul K 1);

$\underline{U}^{(1)}_{bsci}$ — componenta inversă a tensiunii pe bara S II;

$\underline{U}^{(1)}_{bsch}$ — componenta homopolară a tensiunii pe bara S II;

$\underline{U}^{(1)}_{bscR}$ — tensiunea fazei R pe bara S II;

$\underline{U}^{(1)}_{bscS}$ — tensiunea fazei S pe bara S II;

$\underline{U}^{(1)}_{bscT}$ — tensiunea fazei T pe bara S II.

Impedanţele au aceleaşi notaţii ca la punctul a.

A. *Scurtcircuit bifazat (între fazele S şi T)*

Sînt date următoarele relaţii (a se vedea [1]):

$$\underline{I}^{(2)}_{k1d} = \frac{U_s}{\underline{Z}_{scd} + \underline{Z}_{sci}} \tag{19}$$

$$\underline{I}^{(2)}_{k1i} = -\underline{I}^{(2)}_{k1d} \tag{20}$$

$$\underline{I}^{(2)}_{k1h} = 0 \tag{21}$$

$$\underline{Z}_{scd} = \underline{Z}_{sbd} + \underline{Z}_{bscd} \tag{22}$$

$$\underline{Z}_{sci} = \underline{Z}_{sbi} + \underline{Z}_{bsci} \tag{23}$$

$$\underline{Z}_{sch} = \underline{Z}_{sbh} + \underline{Z}_{bsch} \tag{24}$$

$$\underline{U}^{(2)}_{bscd} = U_s - \underline{Z}_{sbd} \cdot \underline{I}^{(2)}_{k1d} \tag{25}$$

$$\underline{U}^{(2)}_{bsci} = - \underline{Z}_{sbi} \cdot \underline{I}^{(2)}_{k1i} \tag{26}$$

$$\underline{U}^{(2)}_{bsch} = - \underline{Z}_{sbh} \cdot \underline{I}^{(2)}_{k1h} = 0 \tag{27}$$

$$\underline{Z}_{sbd} = \underline{Z}_{sb} \quad \text{(fig. 4)} \tag{28}$$

$$\underline{Z}_{bscd} = \underline{Z}_{bsc} \quad \text{(fig. 4)} \tag{29}$$

$$\underline{Z}_{bsci} = \underline{Z}_{bsc} \tag{30}$$

Pentru schema din figura 1, avînd în vedere că impedanţa dintre generatoarele sistemului electroenergetic naţional şi locul scurtcircuitului (punctul K 1) este suficient de mare, se poate considera cu aproximaţie :

$$\underline{Z}_{sbi} = \underline{Z}_{sbd} \tag{31}$$

Din relaţiile (22), (23), (28), (29), (30) rezultă :

$$\underline{Z}_{scd} = \underline{Z}_{sb} + \underline{Z}_{bsc} = \underline{Z}_{sci} \tag{32}$$

Relaţiile (19), (25) şi (26) devin :

$$\underline{I}^{(2)}_{k1d} = \frac{U_s}{2 \cdot \underline{Z}_{scd}} = \frac{U_s}{2(\underline{Z}_{sb} + \underline{Z}_{bsc})} \tag{33}$$

$$\underline{U}^{(2)}_{bscd} = U_s - \underline{Z}_{sb} \cdot \underline{I}^{(2)}_{k1d} \tag{34}$$

$$\underline{U}^{(2)}_{bsci} = \underline{Z}_{sb} \cdot \underline{I}^{(2)}_{k1d} \tag{35}$$

Ţinînd seama de relaţia (33), relaţiile (34) şi (35) devin :

$$\underline{U}^{(2)}_{bscd} = U_s - \underline{Z}_{sb} \frac{U_s}{2(\underline{Z}_{sb} + \underline{Z}_{bsc})} =$$

$$= U_s \left[1 - \frac{\underline{Z}_{sb}}{2(\underline{Z}_{sb} + \underline{Z}_{bsc})} \right] \tag{36}$$

$$\underline{U}^{(2)}_{bsci} = U_s \frac{\underline{Z}_{sb}}{2(\underline{Z}_{sb} + \underline{Z}_{bsc})} \tag{37}$$

Puterea de scurtcircuit trifazat S_{scb} pe bara S II şi puterea de scurtcircuit S_{sck1} în punctul K 1 sînt date de relaţiile :

$$\underline{S}_{scb} = \frac{U_s^2}{\underline{Z}^*_{sb}} \tag{38}$$

$$\underline{S}_{sck1} = \frac{U_s^2}{\underline{Z}^*_{scd}} = \frac{U_s^2}{\underline{Z}^*_{sb} + \underline{Z}^*_{bsc}} \tag{39}$$

(Semnul * indică operaţia de conjugare a numerelor complexe).

Utilizînd relaţiile (38) şi (39), relaţiile (36) şi (37) se transformă astfel :

$$\underline{U}^{(2)}_{bscd} = U_s \left(1 - \frac{\underline{S}^*_{sck1}}{2 \cdot \underline{S}^*_{scb}} \right) \tag{40}$$

$$\underline{U}^{(2)}_{bsci} = U_s \frac{\underline{S}^*_{sck1}}{2 \cdot \underline{S}^*_{scb}} \tag{41}$$

Deoarece impedanţele de scurtcircuit sînt practic reactanţe (rezistenţa, fiind mică, se neglijează în raport cu reactanţa) se poate scrie :

$$\frac{\underline{S}^*_{sck1}}{\underline{S}^*_{scb}} = \frac{S_{sck1}}{S_{scb}} \tag{42}$$

Se obţine :

$$|\underline{U}^{(2)}_{bscd}| = U^{(2)}_{bscd} = U_s \left(1 - \frac{S_{sck1}}{2 \cdot S_{scb}} \right) \tag{43}$$

$$|\underline{U}^{(2)}_{bsci}| = U^{(2)}_{bsci} = U_s \frac{S_{sck1}}{2 \cdot S_{scb}} \tag{44}$$

Pentru schema din figura 1, considerînd la bornele de 110 kV ale transformatorului T de 110/6,6 kV o putere de scurtcircuit de 3000 MVA, se obţine :

$$S_{scb} = 300 \text{ MVA} \tag{45}$$

$$S_{sck1} = 164 \text{ MVA} \tag{46}$$

Rezultă :

$$U^{(2)}_{bscd} = U_s \left(1 - \frac{S_{sck1}}{2 \cdot S_{scb}} \right) =$$

$$= 1{,}05\ U_n \left(1 - \frac{164}{2 \cdot 300} \right) = 0{,}762\ U_n \tag{47}$$

$$\underline{U}^{(2)}_{bsci} = U_s \frac{S_{sck1}}{2 \cdot S_{scb}} = 1{,}05\ U_n \frac{164}{2 \cdot 300} =$$

$$= 0{,}288\ U_n \tag{48}$$

Este de remarcat că componenta directă $U^{(2)}_{bscd}$ a tensiunii pe bara S II, care determină cuplul motor al motoarelor electrice, este mai mare de 0,7 U_n, creînd condiţii suficient de bune pentru alimentarea motoarelor electrice pe durata scurtcircuitului.

Pentru comparație, tensiunea $\underline{U}_{bsc}$ pe bara S II la scurtcircuit trifazat în punctul K 1 este dată de relația :

$$\underline{U}_{bsc} = U_s \left(1 - \frac{\underline{Z}_{sb}}{\underline{Z}_{sb} + \underline{Z}_{bsc}}\right) = U_s \left(1 - \frac{S_{sck1}}{S_{scb}}\right) \tag{49}$$

Ținînd seama de relațiile (45) și (46) se obține :

$$|\underline{U}_{bsc}| = U_{bsc} = U_s \left(1 - \frac{S_{sck1}}{S_{scb}}\right) =$$

$$= 1{,}05\ U_n \left(1 - \frac{164}{300}\right) = 0{,}475\ U_n \tag{50}$$

De asemenea, componenta inversă $U^{(2)}_{bsci}$ a tensiunii pe bara S II este suficient de mare pentru a fi utilizată de o protecție maximală de curent temporizată cu blocaj de tensiune, realizat cu un filtru de tensiune de secvență inversă [1].

Pentru tensiunile de fază pe bara S II se obține :

$$\underline{U}^{(2)}_{bscR} = \underline{U}^{(2)}_{bscd} + \underline{U}^{(2)}_{bsci} + \underline{U}^{(2)}_{bsch} = U_s - \underline{Z}_{sb} \cdot \underline{I}^{(2)}_{k1d} +$$

$$+ \underline{Z}_{sb} \cdot \underline{I}^{(2)}_{k1d} + 0 = U_s \tag{51}$$

$$\underline{U}^{(2)}_{bscS} = a^2 \cdot \underline{U}^{(2)}_{bscd} + a \cdot \underline{U}^{(2)}_{bsci} + \underline{U}^{(2)}_{bsch} =$$

$$= a^2 \cdot U_s + (a - a^2) \cdot \underline{Z}_{sb} \cdot \underline{I}^{(2)}_{k1d} \tag{52}$$

$$\underline{U}^{(2)}_{bscT} = a \cdot \underline{U}^{(2)}_{bscd} + a^2 \cdot \underline{U}^{(2)}_{bsci} + \underline{U}^{(2)}_{bsch} =$$

$$= a \cdot U_s - (a - a^2) \cdot \underline{Z}_{sb} \cdot \underline{I}^{(2)}_{k1d} \tag{53}$$

în care :

$$a = e^{j\frac{2\pi}{3}} = -\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2}, \tag{54}$$

de unde :

$$a - a^2 = j\sqrt{3} \tag{55}$$

Ținînd seama de relațiile (33), (38), (39), (42), (54) și (55), rezultă :

$$\underline{U}^{(2)}_{bscS} = U_s \left[-\frac{1}{2} - j\frac{\sqrt{3}}{2}\left(1 - \frac{S_{sck1}}{S_{scb}}\right)\right] \tag{56}$$

$$\underline{U}^{(2)}_{bscT} = U_s \left[-\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2}\left(1 - \frac{S_{sck1}}{S_{scb}}\right)\right] \tag{57}$$

$$|\underline{U}^{(2)}_{bscS}| = U^{(2)}_{bscS} = |\underline{U}^{(2)}_{bscT}| = U^{(2)}_{bscT} =$$

$$= \frac{U_s}{2}\sqrt{1 + 3\left(1 - \frac{S_{sck1}}{S_{scb}}\right)^2} > 0{,}5\ U_s \tag{58}$$

Ținînd seama de relațiile (45) și (46) se obține :

$$U^{(2)}_{bscS} = U^{(2)}_{bscT} = \frac{U_s}{2}\sqrt{1 + 3\left(1 - \frac{S_{sck1}}{S_{scb}}\right)^2} =$$

$$= \frac{1{,}05\ U_n}{2}\sqrt{1 + 3\left(1 - \frac{164}{300}\right)^2} = 0{,}635\ U_n \tag{59}$$

Deoarece tensiunile tuturor fazelor nu scad sub $0{,}6\ U_n$, conectarea releelor de tensiune minimă la tensiunea de fază nu este utilă.

Tensiunea între faze cea mai mică pe bara S II este aceea dintre fazele scurtcircuitate (S și T), notată cu $\underline{U}^{(2)}_{bscST}$:

$$\underline{U}^{(2)}_{bscST} = \underline{U}^{(2)}_{bscS} - \underline{U}^{(2)}_{bscT} \tag{60}$$

Ținînd seama de relațiile (56), (57) se obține :

$$\underline{U}^{(2)}_{bscST} = -j\sqrt{3}\ U_s \left(1 - \frac{S_{sck1}}{S_{scb}}\right) \tag{61}$$

$$|\underline{U}^{(2)}_{bscST}| = U^{(2)}_{bscST} = \sqrt{3}\ U_s \left(1 - \frac{S_{sck1}}{S_{scb}}\right) =$$

$$= 1{,}05 \cdot \sqrt{3}\ U_n \left(1 - \frac{S_{sck1}}{S_{scb}}\right) \tag{62}$$

Deoarece pentru releul de tensiune minimă conectat la tensiunea între faze, în regim normal de funcționare tensiunea are valoarea $\sqrt{3} \cdot U_n$ rezultă că în regim de scurtcircuit bifazat tensiunea între faze cea mai mică scade în aceeași proporție $\left(1 - \frac{S_{sck1}}{S_{scb}}\right)$ ca în regim de scurtcircuit trifazat, punctul de scurtcircuit (K 1) și punctul de măsură a tensiunii (bara S II) fiind aceleași. Prin urmare, scurtcircuitul bifazat nu avantajează funcționarea blocajului de tensiune în raport cu scurtcircuitul trifazat (vezi relația (49)).

Ținînd seama de relațiile (45) și (46) rezultă :

$$U^{(2)}_{bscST} = 0{,}475 \cdot \sqrt{3} \cdot U_n \text{ (vezi relația (50))} \tag{63}$$

B. *Scurtcircuit monofazat (pe faza R)*

Sînt date următoarele relații (a se vedea [1]) :

$$\underline{I}^{(1)}_{k1d} = \underline{I}^{(1)}_{k1i} = \underline{I}^{(1)}_{k1h} = \frac{U_s}{\underline{Z}_{scd} + \underline{Z}_{sci} + \underline{Z}_{sch}} \tag{64}$$

$$\underline{U}^{(1)}_{bscd} = U_s - \underline{Z}_{sbd} \cdot \underline{I}^{(1)}_{k1d} \quad (65)$$

$$\underline{U}^{(1)}_{bsci} = - \underline{Z}_{sbi} \cdot \underline{I}^{(1)}_{k1i} \quad (66)$$

$$\underline{U}^{(1)}_{bsch} = - \underline{Z}_{sbh} \cdot \underline{I}^{(1)}_{k1i} \quad (67)$$

Pentru tensiunea fazei R pe bara S II, care scade în proporţia cea mai mare, se obţine:

$$\underline{U}^{(1)}_{bscR} = \underline{U}^{(1)}_{bscd} + \underline{U}^{(1)}_{bsci} + \underline{U}^{1)}_{bsch} = U_s - (\underline{Z}_{sbd} +$$

$$+ \underline{Z}_{sbi} + \underline{Z}_{sbh})\underline{I}^{(1)}_{k1d} = U_s \left(1 - \frac{\underline{Z}_{sbd}+\underline{Z}_{sbi}+\underline{Z}_{sbh}}{\underline{Z}_{scd}+\underline{Z}_{sci}+\underline{Z}_{sch}}\right) \quad (68)$$

În cazul:

$$\underline{Z}_{scd} = \underline{Z}_{sci} = \underline{Z}_{scd} \text{ şi } \underline{Z}_{sbd} = \underline{Z}_{sbi} = \underline{Z}_{sbh} \quad (69)$$

se obţine:

$$\underline{U}^{(1)}_{bscR} = U_s \left(1 - \frac{S_{sck1}}{S_{scb}}\right) \quad (70)$$

Se verifică uşor că tensiunile fazelor S, T sînt mai mari (egale cu U_s dacă este îndeplinită relaţia (69)).

În cazul indicat de relaţia (69) rezultă că, în regim de scurtcircuit monofazat, tensiunea de fază cea mai mică scade în aceeaşi proporţie $\left(1 - \frac{S_{sck1}}{S_{scb}}\right)$ ca în regim de scurtcircuit trifazat, punctul de scurtcircuit (K 1) şi punctul de măsură a tensiunii (bara S II) fiind aceleaşi. Prin urmare, scurtcircuitul monofazat nu avantajează funcţionarea blocajului de tensiune minimă în raport cu scurtcircuitul trifazat.

În practică, deşi relaţia (69) nu este îndeplinită cu exactitate, rezultatul exprimat de relaţia (70) se realizează în mare măsură.

În consecinţă, aprecierile privind utilitatea blocajului de tensiune minimă expuse anterior pentru cazul scurtcircuitului trifazat rămîn valabile şi pentru scurtcircuitele bifazat şi monofazat, cu condiţia de a controla prin releu de tensiune minimă tensiunea care scade în proporţia maximă.

Concluzii

Protecţia maximală de curent temporizată cu blocaj de tensiune minimă nu este aplicabilă:

— în cazurile în care tensiunea remanentă în timpul scurtcircuitului depăşeşte valoarea U_m la care demarează releele de tensiune minimă;

— în cazurile în care motoarele electrice sînt prevăzute cu autopornire după goluri de tensiune.

În celelalte cazuri, această protecţie, deşi aplicabilă, este puţin utilă, mai ales că îmbunătăţirea sensibilităţii protecţiei prin relee se poate realiza mai bine pe alte căi decît prin utilizarea blocajului de tensiune minimă:

— utilizarea unui releu termic pentru protecţia transformatorului sau generatorului în cazurile în care motoarele electrice sînt prevăzute cu autopornire (releul termic este de tipul celor folosite pentru protecţia motoarelor electrice şi se reglează la curentul nominal al transformatorului sau generatorului) [1], [2];

— utilizarea unor scheme de circuite secundare cu rezervare la refuz de declanşare a întreruptoarelor [3].

Bibliografie

[1] Călin, S., Marcu, S.: *Protecţia prin relee a sistemelor electrice*. Ed. Tehnică, Bucureşti, 1975.

[2] Covar, E.: *Particularităţi ale utilizării unor tipuri de protecţii prin relee într-un combinat chimic cu proces tehnologic continuu* In: Energetica nr. 7—8, 1975.

[3] Covar, E.: *Asigurarea deconectării circuitelor defecte la refuz de declanşare a întreruptoarelor circuitelor în staţiile de 6 kV ale întreprinderilor industriale*. In: Energetica, nr. 10, 1977.

(Primit la 8 iulie 1980, acceptat la 6 august 1982)

Rezultate obţinute şi măsuri de perspectivă privind reducerea consumului de energie electrică la întreprinderile din ramura constructoare de maşini

Această ramură are o pondere în consumul de energie electrică din zona IRE-Timişoara de peste 12%, ceea ce ne-a determinat să-i acordăm o atenţie sporită în acţiunea de raţionalizare.

Pentru a putea aborda mai eficient problemele ce se pun şi măsurile ce trebuie luate în vederea reducerii consumului de energie electrică s-a trecut la defalcarea consumului pe compartimente la consumatorii în cauză, după scopul de utilizare, obţinîndu-se consumatorii cei mai importanţi, la care s-au determinat apoi prin bilanţuri energetice componentele utile şi pierderile, dînd posibilitate astfel să se evidenţieze măsurile cu eficienţă maximă şi a căror aplicare nu ridică probleme.

De remarcat, că urmare a măsurilor luate la un număr însemnat de întreprinderi, consumurile au fost reduse, afirmaţia fiind demonstrată de reducerea consumului specific. De exemplu, la Întreprinderea Constructoare de Maşini Reşiţa, care în anul 1979 consuma 129 590 MWh la un plan de 100%, în anul 1981 consumul a fost de 127 723 MWh la un plan de 104%, consumurile specifice reducîndu-se în acest interval cu 5,5%.

Întreprinderea Mecanică Timişoara, cu o producţie de 100% în anul 1979, a consumat 28 724 MWh, iar în anul 1980 consumul de energie electrică a fost de 28 091 MWh la un plan de 111%, consumurile specifice reducîndu-se cu peste 12%.

Principalele măsuri aplicate sînt :

— raţionalizarea producerii aerului comprimat (optimizarea unităţilor de producţie funcţie de graficul de consum, sporirea randamentelor de producţie, transport şi distribuţie);

— optimizarea folosirii instalaţiilor electrotermice (încărcarea acestora mai bine, combinarea unor operaţii de tratare în funcţie de temperatura cuptorului, reducerea timpilor de răcire-încălzire etc.);

— au fost făcute o serie de îmbunătăţiri în procesele tehnologice, ca de exemplu : trecerea la călire prin CIF faţă de călirea clasică, confecţionîndu-se în acest scop dispozitive necesare pentru diferite repere (Întreprinderea Mecanică Timişoara, Întreprinderea de Vagoane Arad etc.);

— debitarea a fost raţionalizată, aplicîndu-se tăierea la rece şi ştanţarea în locul tăierii la cald;

— se acordă o mai mare atenţie şi se ţine seamă, într-o oarecare măsură, de tipul de maşină pe care se face operaţia tehnologică, în funcţie de consumul de energie electrică.

În măsură mai redusă a fost abordată problema sudurii, deşi are o pondere mare în unele întreprinderi. S-a extins sudura automată la un număr mai mare de repere, se foloseşte sudarea în curent alternativ, au fost montate limitatoare de mers în gol la unele agregate etc.

În măsură încă insuficientă au fost reduse adaosurile de prelucrare, turnătoriile fiind încă rămase în urmă faţă de tehnologiile moderne, rebuturile fiind încă mari, ceea ce duce la concluzia că sînt rezerve în reducerea consumurilor energetice.

În funcţie de specificul fiecărei întreprinderi au fost aplicate şi alte măsuri, ca : raţionalizarea iluminatului, compensarea mai raţională a energiei reactive, optimizarea funcţionării transformatoarelor, limitarea mersului în gol la maşini-unelte etc.

Toate aceste acţiuni trebuie urmărite în continuare, spre a garanta aplicarea lor permanentă.

În continuare sînt prezentate cîteva probleme ce trebuie rezolvate atît pentru ramura constructoare de maşini, cît şi pentru celelalte ramuri.

În industria constructoare de maşini se foloseşte un număr mare de scule şi dispozitive acţionate cu aer comprimat, care pot şi trebuie să fie înlocuite cu scule şi dispozitive acţionate electric. Ele trebuie confecţionate astfel încît să se realizeze performanţe şi o fiabilitate similare cu cele ale sculelor pneumatice.

Prin aplicarea acestei măsuri se poate reduce în măsură substanţială puterea maximă şi de vîrf a întreprinderii.

Astfel, la Întreprinderea Constructoare de Maşini Reşiţa, palanele de 0,1—0,5 tone erau acţionate pneumatic. Prin trecerea lor la acţionarea electrică a scăzut puterea medie absorbită cu circa 500 kW (reducerea obţinută prin oprirea a două compresoare).

Aerul comprimat s-a extins mult peste nevoile justificate tehnic. Este necesară o analizare aprofundată a tuturor operaţiilor care se realizează astăzi utilizînd aerul comprimat. În situaţiile în care este posibil, acţionările cu aer comprimat vor fi dezafectate şi înlocuite cu acţionări directe.

Preîncălzirea aerului comprimat pentru anumite operații, în special la ciocanele de forjă, a fost complet abandonată la ICMR și IVA, fără motivație tehnică. Este necesar să se reactiveze preîncălzirea, sporind astfel randamentul utilajului cu circa 8—10%.

Curentul continuu necesar în procesul de sudură poate fi produs cu convertizoare statice în locul convertizoarelor rotative. Deoarece convertizoarele statice realizate au unele deficiențe constructive, rezultatele sînt sub cele așteptate și unele întreprinderi (Intreprinderea de Vagoane Arad etc.) au renunțat la utilizarea lor. Trebuie ca acest agregat static să fie îmbunătățit prin asigurarea cu o răcire eficientă și atingerea unei durate de exploatare ridicate. Menționăm că furnizorul garantează o durată de lucru activ de numai 3 minute din cinci minute, ceea ce nu poate satisface personalul care lucrează în acord. Prin înlocuirea unui grup de sudură rotativ cu unul static se realizează economii anuale de circa 10000 kWh, ceea ce justifică preocuparea pentru găsirea unei soluții corespunzătoare.

Montarea limitatoarelor de mers în gol nu a fost finalizată deși pe economie acțiunea a fost demarată. Au fost primite limitatoare de către unele întreprinderi, dar nu au fost montate. Această acțiune trebuie să devină obligație cu un termen limită.

Tehnologiile de execuție în toate întreprinderile trebuie analizate prin prisma realizării de consumuri energetice minime.

Normarea consumurilor de energie electrică pe faze, operații și în special la cele cu consum cu pondere importantă (tratamente termice, producție de aer comprimat, consum de aer comprimat, energie electrică folosită pentru sudură etc.) ar putea scoate la iveală rezervele și domeniile unde trebuie să se acționeze pentru reducerea consumului de energie electrică.

Există o strînsă legătură între eforturile pentru ridicarea randamentului la consumator (de transformare a energiei) și creșterea productivității. Astfel, gradul de încărcare a agregatelor de producție, reflectă (ca și norma de consum), raportul dintre lucrul mecanic util și cel pierdut (timp de bază față de timpul pierdut). Măsurile pentru optimizarea consumurilor de energie conduc, de regulă, la creșterea productivității și, invers, măsurile de creștere a productivității conduc la creșterea randamentelor energetice.

În concluzie, se poate afirma că o cercetare energetică, bazată pe valori măsurate precis și simultan, constituie o metodă bună de depistare a căilor de creștere a productivității.

Legătura strînsă dintre utilizarea rațională a energiei și productivitate duce la îmbunătățirea proceselor de producție. Munca energeticienilor și problemele energetice nu sînt deci colaterale, ci trebuie considerate ca un sprijin direct dat producției.

Conducerile întreprinderilor constructoare de mașini trebuie să acorde o atenție sporită muncii energeticienilor, să-și însușească într-o măsură mai mare concluziile rezultate din cercetările energetice și să urgenteze aplicarea măsurilor ce rezultă.

Ing. C. Adăscăliței — IRE Timișoara

(Primit la 3 ianuarie 1983, acceptat la 12 ianuarie 1983)

Invenții — Inovații

Branșament electric aerian de joasă tensiune

(54) Branșament electric aerian de joasă tensiune
(72) Inventator : ing. Augustin Șuteu, Cluj-Napoca
(22) Data înregistrării : 24.01.1976
(45) Data publicării : 24.07.1980
(11) Descrierea invenției 70747
(73) Titular : Întreprinderea de rețele electrice, Cluj-Napoca.

Invenția se referă la un branșament electric aerian de joasă tensiune, monofazat sau trifazat.

În scopul alimentării consumatorilor de energie electrică de la rețeaua aeriană de distribuție de joasă tensiune, în sistem monofazat sau trifazat, este cunoscut branșamentul clasic la care conductoarele de branșare sînt fixate pe izolatoare de susținere normale, executate din porțelan, izolatoarele fiind așezate pe suporturi montate pe consolele orizontale din oțel ale stîlpilor rețelei de distribuție. Acest tip de branșament prezintă dezavantajul unui consum important de metal și materiale ceramice, precum și dezavantajul aglomerării coronamentului stîlpului rețelei de distribuție, mai ales în cazul executării mai multor branșamente de la același stîlp al rețelei de distribuție.

În același scop, mai este cunoscut un tip de branșament cu conductoare izolate torsadate, la care conductoarele de branșament sînt ghidate printr-o clemă specială și sînt tensionate cu ajutorul unui întinzător reglabil. Acest tip de branșament prezintă, de asemenea, dezavantajul unui consum relativ ridicat de metal și materiale electroizolante.

Branșamentul electric aerian de joasă tensiune, conform invenției înlătură dezavantajele sus-menționate prin aceea că, în scopul reducerii consumului de materiale pentru branșare, precum și în scopul descongestionării coronamentului stîlpului rețelei de distribuție, utilizează, pentru prinderea și întinderea conductoarelor de branșament între stîlp și un suport de acoperiș sau pentru încastrare în zid, izolatoare de tracțiune din porțelan pentru două conductoare, montate în două tipuri de suporturi prin bandă de oțel cu ajutorul unor bolțuri metalice asigurate cu splinturi, fixarea primului tip de suport din bandă de oțel pe stîlpul rețelei de distribuție realizîndu-se fie cu ajutorul unui bulon filetat și al

* Rubrică întocmită de ing. Văideanu C. — ICEMENERG

unei piulițe, fie cu ajutorul unui colier din bandă de oțel, iar fixarea celui de-al doilea tip de suport din bandă de oțel pe suportul de acoperiș realizîndu-se prin sudare.

Se dă în continuare un exemplu de realizare a invenției în legătură cu figurile 1—6, care reprezintă :

— figura 1, vedere de ansamblu a branșamentului monofazat ;

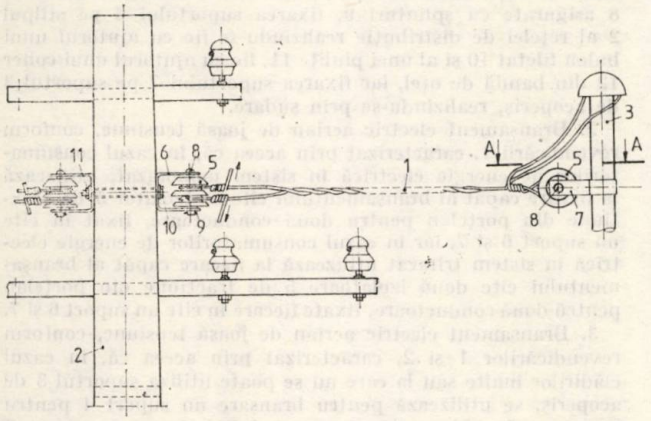


Fig. 1.

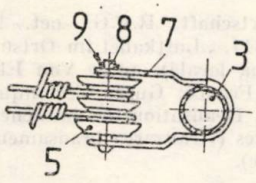


Fig. 2.

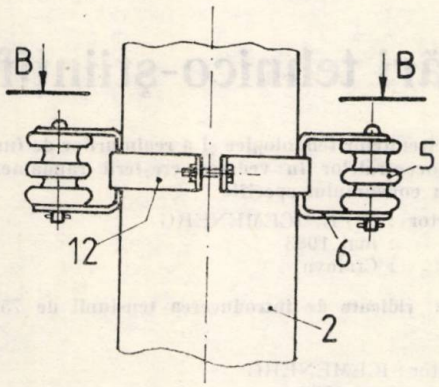


Fig. 3.

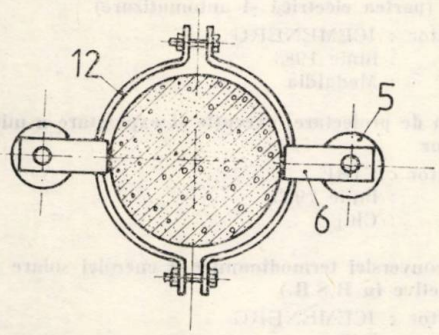


Fig. 4.

— figura 2, secțiune după traseul A-A prin suportul de acoperiș din figura 1 ;

— figura 3, vedere laterală a colierului montat pe stîlpul rețelei de distribuție ;

— figura 4, secțiune după traseul B-B prin stîlpul rețelei de distribuție avînd montat colierul ;

— figura 5, vedere a suportului pentru încastrare în zid ;

— figura 6, schema de branșare a mai multor consumatori utilizînd un stîlp intermediar.

Branșamentul electric aerian de joasă tensiune, conform invenției, este reprezentat în figurile 1 și 2, în cazul unui consumator de energie electrică în sistem monofazat.

Conductoarele 1 de branșament, izolate și răsucite împreună, sînt întinse între un stîlp 2 al rețelei de distribuție și un suport 3 de acoperiș sau un suport 4 de încastrare în zid. Prinderea și întinderea conductoarelor 1 se realizează la ambele capete ale branșamentului cu ajutorul unor izolatoare 5 de tracțiune din porțelan pentru două conductoare, aceste izolatoare fiind montate în două tipuri de suporturi 6 și 7, cu ajutorul unor bolțuri metalice 8, asigurate cu șplinturi 9. Ambele tipuri de suporturi 6 și 7 sînt realizate din bandă de oțel, fiind, însă, fixate în moduri diferite de stîlpul 2, respectiv de suporturile 3 sau 4. Astfel suportul 6 este fixat de stîlpul 2 al rețelei de distribuție, cu ajutorul unui bulon filetat 10

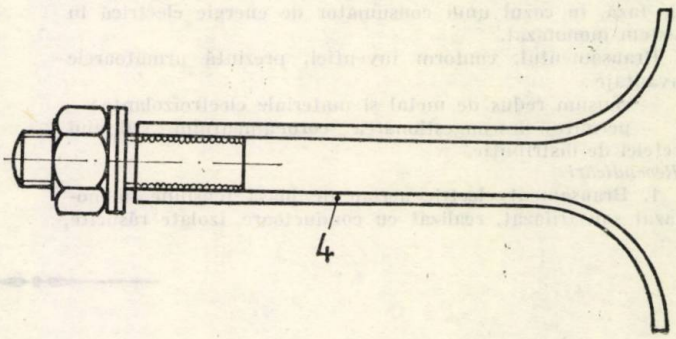


Fig. 5.

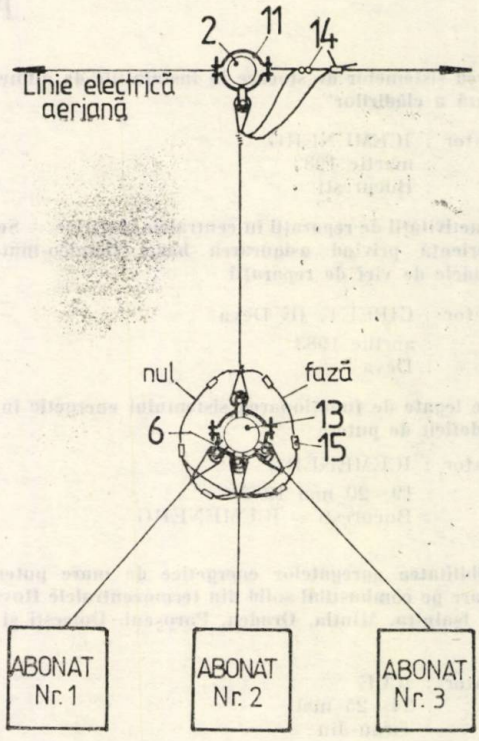


Fig. 6.

și al unei piulițe 11 sau cu ajutorul unui colier 12 din bandă de oțel, colierul 12, prezentat în figurile 3 și 4, fiind utilizat la branșamente trifazate sau la realizarea pe același stîlp 2 a mai multor branșamente monofazate.

Suportul 7 este fixat pe suportul 3 de acoperiș prin sudare.

Pentru realizarea branșamentului, conform invenției, în cazul consumatorilor de energie electrică în sistem monofazat, la fiecare capăt la branșamentului se utilizează cîte un izolator 5, fixat în cîte un suport 6, respectiv 7, iar în cazul consumatorilor de energie electrică în sistem trifazat, la fiecare capăt al branșamentului se utilizează cîte două izolatoare 5, fixate fiecare în cîte un suport 6 sau 7.

În cazul clădirilor înalte sau care nu permit utilizarea suportului 3 de acoperiș, se folosește un suport 4, pentru încastrarea în zid, suportul 4 fiind reprezentat în figura 5.

Pe suportul 4 pentru încastrare în zid se fixează, în acest caz, un suport 6 din bandă de oțel, utilizînd extremitatea filetată a suportului 4, precum și o piuliță.

În figura 6 este reprezentată schema de branșare a mai multor consumatori, utilizînd un stîlp intermediar 13, în cazul în care distanța dintre stîlpul 2 al rețelei de distribuție și consumator este mai mare de 25 m. Pe stîlpul intermediar 13 se montează un colier 11, care susține mai multe suporturi 6, fiecare suport 6 permițînd branșarea cîte unui consumator. Același tip de colier 11 este utilizat și la stîlpul 2 al rețelei de distribuție. În figura 6 s-au mai notat cu 14 și 15 clemele universale de branșare, precum și conductorul de nul și cel de fază, în cazul unui consumator de energie electrică în sistem monofazat.

Branșamentul, conform invenției, prezintă următoarele avantaje:

— consum redus de metal și materiale electroizolante;

— permite descongestionarea coronamentului stîlpului rețelei de distribuție.

Revendicări

1. Branșament electric aerian de joasă tensiune, monofazat sau trifazat, realizat cu conductoare izolate răsucite, caracterizat prin aceea că, în scopul reducerii consumului de materiale pentru branșare, precum și în scopul descongestionării coronamentului stîlpului 2 al rețelei de distribuție, utilizează prinderea și întinderea conductoarelor 1 de branșament între stîlpul 2 și un suport 3 și 4 de acoperiș sau pentru încastrare în zid, izolatoare 5 de tracțiune de porțelan pentru două conductoare, montate în două tipuri de suporturi 6 și 7 din bandă de oțel cu ajutorul unor bolțuri metalice 8 asigurate cu șplinturi 9, fixarea suportului 6 pe stîlpul 2 al rețelei de distribuție realizîndu-se fie cu ajutorul unui bulon filetat 10 și al unei piulițe 11, fie cu ajutorul unui colier 12 din bandă de oțel, iar fixarea suportului 7 pe suportul 3 de acoperiș, realizîndu-se prin sudare.

2. Branșament electric aerian de joasă tensiune, conform revendicării 1, caracterizat prin aceea că, în cazul consumatorilor de energie electrică în sistem monofazat, utilizează la fiecare capăt al branșamentului cîte un izolator 5 de tracțiune din porțelan pentru două conductoare, fixat în cîte un suport 6 și 7, iar în cazul consumatorilor de energie electrică în sistem trifazat utilizează la fiecare capăt al branșamentului cîte două izolatoare 5 de tracțiune din porțelan pentru două conductoare, fixate fiecare în cîte un suport 6 și 7.

3. Branșament electric aerian de joasă tensiune, conform revendicărilor 1 și 2, caracterizat prin aceea că, în cazul clădirilor înalte sau la care nu se poate utiliza suportul 3 de acoperiș, se utilizează pentru branșare un suport 4 pentru încastrare în zid, pe acest suport 4 fixîndu-se un suport 6 din bandă de oțel.

Referințe bibliografice

1. Elektrizitätswirtschaft, R.F.G., oct. 1972, 1971, caiet 22, pp. 639—644, „Luftkabel im Ortsnetz", (Cabluri aeriene în rețeaua locală), autor Von Ekkehard Kuhnert.
2. Electricité de France, Guide Technique de la Distribution, cap. B41, Realisation des branchements et installations interieurres (Realizarea branșamentelor și a instalațiilor interioare).

Manifestări tehnico-științifice*)

„Utilizarea sistemelor de stocare în instalațiile de alimentare cu căldură a clădirilor"

Organizator : ICEMENERG
Data : martie 1983
Locul : București

Analiza activității de reparații în centralele electrice — Schimb de experiență privind asigurarea bazei tehnico-materiale în perioadele de vîrf de reparații

Organizator : CIPEET, IE Deva
Data : aprilie 1983
Locul : Deva

Probleme legate de funcționarea sistemului energetic în condiții de deficit de putere

Organizator : ICEMENERG
Data : 19—20 mai 1983
Locul : București — ICEMENERG

„Disponibilitatea agregatelor energetice de mare putere cu funcționare pe combustibil solid din termocentralele Rovinari, Turceni, Işalnița, Mintia, Oradea, Paroșeni, Doicești și Borzești

Organizator : ICCE
Data : 24—25 mai
Locul : Tîrgu-Jiu

*) Rubrică întocmită de COPIM—ICEMENERG

Analiza circuitelor tehnologice și a regimurilor de funcționare ale termocentralelor în vederea creșterii randamentului și reducerea consumului specific

Organizator : ISPE, ICEMENERG
Data : mai 1983
Locul : Craiova

Probleme ridicate de introducerea tensiunii de 750 kV în R.S.R.

Organizator : ICEMENERG
Data : mai 1983
Locul : Tulcea

Problemele ridicate de introducerea în sistem a centralelor nucleare (partea electrică și automatizare)

Organizator : ICEMENERG
Data : iunie 1983
Locul : Medgidia

Concepția de proiectare, execuție și exploatare a microhidrocentralelor

Organizator : CIRE
Data : iunie 1983
Locul : Cluj

Asupra conversiei termodinamice a energiei solare (realizări și perspective în R.S.R.)

Organizator : ICEMENERG
Data : iulie
Locul : București

Conferința pe țară a energeticienilor privind reducerea consumului de energie electrică și termică și încadrarea consumatorilor în reparații

Organizator : MEE, ICCE-DT
Data : septembrie 1983
Locul : Constanța

Valorificarea căldurii de potențial termic scăzut în R.S.R. (soluții energetice, realizarea agregatelor, aspecte tehnice, economice și de exploatare)

Organizator : ICEMENERG
Data : Octombrie 1983
Locul : Oradea

CRONICĂ

Sesiunea de comunicări științifice „Independența energetică a României"

În zilele de 3—4 decembrie 1982 a avut loc Sesiunea de comunicări științifice a Facultății de Energetică, din Institutul Politehnic București, cu tema „Independența energetică a României", o manifestare științifică de prestigiu închinată Conferinței Naționale a Partidului și celei de a 35-a aniversări a Republicii.

Conceptul de „independență energetică" a țării a fost amplu dezbătut la Congresul al XII-lea al P.C.R., unde s-a stabilit ca pînă în 1990 întreg necesarul de combustibil și energie să fie acoperit din resursele interne. La Plenara C.C. al P.C.R. din 8 octombrie 1982, tovarășul Nicolae Ceaușescu, secretarul general al partidului, sublinia: „Pe baza situației actuale se poate aprecia că avem toate condițiile pentru ca încă din 1985 să acoperim în întregime, din resursele interne, întregul consum de energie primară, să realizăm independența energetică". Realizarea acestui obiectiv major al politicii energetice a țării noastre, cu toate implicațiile lui în învățămînt, cercetare și producție a constituit cîmpul director al întregii sesiuni științifice.

La această manifestare au fost înscrise 292 de referate, elaborate de 503 specialiști din industrie, proiectare, cercetare și învățămînt. Dintre acestea au fost prezentate 273 de comunicări, la care s-au adăugat 5 referate neanunțate.

În plen au fost prezentate 8 lucrări cu caracter sintetic-informativ, de către specialiști de prestigiu, reprezentînd forurile ministeriale, institutele și instituțiile de cercetare proiectare și învățămînt, a căror activitate este indisolubil legată de energetică.

În cuvîntul de deschidere, prof. dr. ing. C. Bâlă, prorector al Institutului Politehnic București, a făcut o succintă prezentare a învățămîntului energetic, ca structură și realizări în domeniul pregătirii cadrelor de specialitate din acest domeniu. Astfel, se menționează înființarea în cadrul Facultății de Energetică, a unei noi secții de „energetică industrială", care alături de electroenergetică, hidroenergetică, termoenergetică și centrale nucleare electrice acoperă cerințele procesului de formare a inginerilor energeticieni. Peste 90% dintre absolvenții facultății elaborează proiecte de diplomă cu subiecte furnizate de institutele de cercetare și proiectare, de unitățile economice ale M.E.E. Totodată, cadrele didactice și cercetătorii din facultate și institut se preocupă ca odată cu asigurarea unei pregătiri temeinice de specialitate a viitorilor ingineri, să participe efectiv la cercetarea științifică, rezolvînd probleme actuale și de perspectivă specifice domeniului energetic.

Mihail Florescu, membru corespondent al Academiei R.S.R., ministru secretar de stat la CNST, a arătat, în intervenția sa, că realizarea structurii energiei primare stabilite în țara noastră se face printr-un program larg de cercetare științifică și tehnologică, prin elaborarea unor tehnologii eficiente pentru valorificarea cărbunilor inferiori și construcția centralelor nuclearo-electrice, a unui program de utilizare completă a potențialului hidroenergetic prin CHE de mare capacitate și microhidrocentrale, elaborarea tehnologiilor eficiente pentru producția de energie termică și electrică din sursele inepuizabile de energie solară, energia vîntului, apele geotermale, rocile fierbinți, energia valurilor etc., precum și prin tehnologii și echipamente pentru recuperarea căldurii din gazele fierbinți de la cuptoare și gazele de coș, a apelor reziduale cu temperaturi joase.

Ing. Ionescu Constantin, vicepreședinte al CNA, a prezentat preocuparea specialiștilor noștri pentru o mai bună gospodărire a apelor, cu potențialul lor total utilizabil evaluat la 50 miliarde m^3 (din care Dunărea contribuie cu circa 20 miliarde m^3). Amenajările hidroenergetice existente cu o putere instalată de 3460 MW și o producție medie de energie de 12700 MW/an, reprezentînd circa 30% din potențialul hidroenergetic total, permit realizarea unei economii de combustibil echivalent cu 4,5 mil. tone c.c. pe an.

Dr. ing. Ioan Măiereanu, director în M.E.E. a prezentat cîteva aspecte importante legate de politica energetică a țării noastre, respectiv de măsurile de economisire a energiei și combustibilului luate în cadrul unităților Ministerului Energiei Electrice. Astfel, se preconizează implementarea sistemului informațional pentru urmărirea și analiza consumurilor de combustibil în centralele electrice la nivel CIPEET; revederea sistemului de măsurare a energiei electrice; elaborarea unei bănci de date tehnico-economice pentru energetica generală și industrială; recalcularea datelor hidrologice; aplatizarea curbelor de sarcină; creșterea randamentelor electroreceptoarelor din sectoarele casnice și terțiar. De asemenea, unitățile de proiectare ale M.E.E. se ocupă și de problemele de economisire a resurselor energetice secundare pentru alte ministere, acțiuni care au fost stabilite separat. Se preconizează ca prin aceste măsuri să se aducă economii totale de combustibil de circa 2694 mii tone c.c., din care economia de energie electrică se ridică la 3264 mii MWh/an la nivelul anului 1985.

Dr. ing. Călin Mihăileanu, director general al ICCE s-a referit în special la prioritățile științei și tehnologiei în domeniul energeticii. De exemplu: atenuarea, pe diferite căi, a factorilor de limitare (în cazul energiei primare), intensificarea proceselor de extracție, prin creșterea factorului de recuperare a gradului de extracție — a combustibilului aflat

în zăcămînt — prin creşterea productivităţii utilajelor şi a productivităţii muncii în procesele de exploatare, foraj şi extracţie, prin asigurarea valorificării unor zăcăminte situate în amplasamentele tot mai greu accesibile şi cu compoziţii tot mai defavorabile. Idei interesante au fost prezentate referitor la consumul de resurse energetice şi la procesul de prelucrare a energiei.

Dr. ing. Florin Tănăsescu, director general ICMUEE, şi ing. C. Popescu, şeful laboratorului de surse noi de energie, s-au referit în mod special la Programul de valorificare a surselor de energie neconvenţionale şi al dezvoltării unor tehnologii adecvate acestei valorificări, în scopul asigurării unui aport suplimentar de energie primară, înlocuirii hidrocarburilor cu cărbuni inferiori şi a carburanţilor cu hidrocarburi din biomasă, precum şi al valorificării superioare a combustibililor solizi. Astfel, se prevede ca la sfîrşitul anului 1985 să fie puse în funcţiune capacităţi totale de circa 5 mil. t c.c. cu surse noi, din care : a) energie termică şi electrică 37%, b) combustibili sintetici 40% şi c) carburanţi sintetici 23%. Au fost prezentate totodată principalele direcţii ale introducerii surselor noi de energie şi problemele specifice valorificării lor superioare, acestea constituind principalele jaloane ale activităţii de cercetare.

Dr. ing. Iancu Drăgan, director general ICEM, a prezentat date semnificative de energetică industrială din metalurgie. Cei mai mari consumatori de energie sînt : sectorul primar de elaborare a fontei şi oţelului şi sectorul prelucrător, cu circa un sfert din consumul energetic. De aici necesitatea unor înnoiri tehnologice de natură să permită, pe lîngă scopurile tehnologice de bază, şi o substanţială reducere a consumurilor energetice. De exemplu, în ultimii 10 ani, consumul integrat de energie la elaborarea fontei a scăzut cu 21,42%, iar la elaborarea oţelului cu 19,58%. În domeniul încălzirii, principala direcţie de acţiune o constituie realizarea de arzătoare corespunzătoare pentru toată gama de combustibili folosită de siderurgie, începînd cu gazele naturale şi păcura şi trecînd printr-o serie de combustibili gazoşi cu puteri calorice variind între 750 şi 4500 kcal/Nm^3.

Ing. Mircea Cârdu, director ICSITEE, s-a referit în intervenţia sa la unele probleme specifice industriei de echipamente energetice. În domeniul construcţiei de cazane energetice au fost menţionate îmbunătăţirile constructive aduse cazanelor de 1035 t/h, îmbunătăţiri care au dus la reducerea aportului caloric mediu de păcură la CTE Rovinari şi Turceni de la 25—30% la 6—7%. În privinţa perspectivei industriei de echipamente termoenergetice au fost menţionate următoarele direcţii de dezvoltare : a) realizarea de echipamente menite să valorifice în scopuri energetice noi combustibili solizi de calitate inferioară, precum şi deşeuri combustibile ; b) creşterea parametrilor energetici ; c)diversificarea producţiei în vederea creşterii competitivităţii şi ponderii exportului în producţia acestor echipamente ; d) realizarea de echipamente termoenergetice pentru recuperarea resurselor secundare şi pentru valorificarea surselor de energie termică cu potenţial scăzut.

Comunicările şi dezbaterile *secţiei I* au polarizat interesul asupra problemelor legate de economia de energie, ca pîrghie fundamentală a politicii energetice a ţării noastre. În acest sens, au fost prezentate o serie de idei valoroase. Astfel, economia de energie nu trebuie privită ca pe un lucru în sine, ci ca o componentă a procesului de optimizare funcţională a sistemelor de energie, avînd ca direcţii principale de manifestare orizontala consum-producţie şi verticala proiectare-montaj-exploatare. Deci, problema economiei de energie trebuie considerată încă din faza proiectării instalaţiilor şi proceselor industriale, a conceperii şi realizării şantierelor de montaj aferente, şi urmărită în mod consecvent în faza exploatării lor. Pentru modelarea matematică a proceselor energotehnologice sînt prezentate modele tip Leontief, modele vectoriale bazate pe inegalităţi, precum şi modele analitice bazate pe ecuaţiile de conservare ale materiei, energiei şi impulsului. O serie de lucrări sugerează, sau prezintă, rezultate concrete în implementarea acestor modele sau a celor de bilanţuri energetice pe calculator.

S-au prezentat şi citeva date interesante. Consumul total de energie al capitalei se situează în prezent la circa 7 milioane t c.c., rămînînd practic constant de 8 ani, deşi producţia industrială a oraşului s-a dezvoltat cu aproape 50%. Aceasta se datorează ansamblului de măsuri tehnice şi organizatorice aplicate începînd cu 1976 la nivelul consumatorilor din municipiu. Valoarea randamentelor medii de utilizare a energiei a crescut în această perioadă de la 49,17% la 54,90%, în timp ce consumul energetic specific, exprimat în t c.c./10^6 lei producţie industrială, a scăzut cu 26,4%.

Pentru transportul, tratarea şi distribuţia a 1000 m^3 apă se consumă circa 60 ... 600 kW. Aceste limite foarte largi indică marile disponibilităţi existente încă în concepţia de proiectare a sistemelor de alimentare cu apă în ceea ce priveşte asigurarea unor consumuri minime de energie electrică.

Interesante sînt şi preocupările trustului Energomontaj de economisire a energiei pe şantiere. Dintre ele menţionăm modificarea unor procese tehnologice şi utilizarea de noi tehnologii, cum sînt : a) utilizarea energiei solare pentru prepararea apei calde menajere ; b) abandonarea asamblării prin sudură a carcasei metalice a cazanelor mari (1035 şi 525 t/h) şi trecerea la asamblarea prin şuruburi ; c) prefabricarea conductelor.

Componentă integrală a politicii energetice a partidului şi statului nostru, prognoza tehnologică în domeniul energiei a constituit tematica comunicărilor prezentate în *secţia a II-a*. Problemele supuse dezbaterii s-au grupat pe următoarele direcţii principale : a) abordarea integrală a analizei şi prognozei energetice-tehnologice şi economice la nivelul economiei naţionale ; b) asigurarea resurselor necesare viitorului, în special prin economia energetică a surselor neclasice şi a considerării energeticii nucleare ; c) dezvoltarea producţiei de lignit şi huilă şi gazeificarea subterană a cărbunelui ; d) extinderea folosirii pompelor de căldură şi e) stocarea energiei termice.

În legătură cu prognoza tehnologică a economisirii energiei, au fost avute în vedere perspectivele tehnologice ale proceselor energointensive din metalurgie, chimie şi alte ramuri din punctul de vedere al reducerii consumurilor de combustibili, energie şi materiale energointensive.

Comunicările consacrate energeticii nucleare au pus accentul pe eficienţa producerii de energie în raport cu procesele clasice (de exemplu producerea a 22 000 MWh se poate realiza prin arderea a 2450 tone huilă, fisiunea a 1 kg de U-235, sau fuziunea a 232 g amestec D-T) şi a progreselor înregistrate în ingineria fuziunii nucleare.

Potrivit politicii de valorificare superioară a combustibililor solizi inferiori prin arderea lor în centrale termoelectrice, extracţiei lignitului i s-a acordat o atenţie deosebită. Producţia totală a lignitului extras a crescut în mod continuu de la 3145 mii tone în 1960 la 29014 mii tone în 1981, din care 51,91% a fost extras din cariere. Această dinamică va continua şi în viitor atît pe seama modernizării actualelor unităţi miniere, cît şi pe seama valorificării unor noi zăcăminte.

Primele experimentări de gazeificare subterană a lignitului în ţara noastră s-au efectuat în bazinul Rovinari, unde s-a ars un strat de lignit cu o grosime de 4—5 m, situat la o adîncime de 30 m, obţinîndu-se gaz cu o putere calorică medie de 800 kcal/Nm^3.

Comunicările referitoare la stocarea energiei termice au evidenţiat în mod deosebit rezultatele promiţătoare obţinute pînă acum cu materiale de tip HITEC, realizate cu produse indigene. Aceste amestecuri eutectice de azotaţi şi azotiţi s-au dovedit a fi medii de stocare bune pînă la temperaturi de 450°C.

Interesante au fost şi rezultatele obţinute de INMT în valorificarea biogazului la antrenarea unor grupuri energetice de 25 şi 50 kW, destinate în principal sectorului zootehnic. Funcţionarea continuă a unui grup de 50 kW, care acoperă cam 75% din necesarul de energie al staţiei de epurare 30 Decembrie, constituie un argument promiţător în acest sens.

Secția a III-a a reunit lucrări consacrate, în principal, echipamentelor termoenergetice și funcționării lor optime în cadrul centralelor termoelectrice. Rezultatele prezentate pot fi grupate, ca direcții de cercetare, astfel :

a) Soluții de dimensionare și realizare a gospodăriilor de combustibil solid aferent termocentralelor de mare putere realizate în vederea îmbunătățirii alimentării cu cărbune. Dintre acestea menționăm dotarea gospodăriilor de cărbune cu tuneluri de dezghețare a vagoanelor înaintea stațiilor de descărcare, asigurarea a cel puțin două sorturi calitativ diferite de cărbune, a două linii de descărcare, concasoare cu încălzire electrică a plăcilor de sfărîmare.

b) Cercetări privind procesul de ardere în scopul valorificării energetice a unor combustibili solizi inferiori din noi zăcăminte (Sf. Gheorghe-Covasna) și șisturi bituminoase din Carpații Orientali), și a eliminării consumului de hidrocarburi pentru susținerea flăcării la cazanele funcționînd pe lignit.

c) Cercetări destinate determinării parametrilor funcționali optimi și a performanțelor cazanelor și instalațiilor lor aferente.

d) Cercetări destinate optimizării proiectării și realizării turbinelor termice și a instalațiilor lor aferente. Unele rezultate s-au referit și la posibilitatea folosirii turbomașinilor cu CO_2 destinate utilizării potențialelor termice scăzute.

e) Controlul funcționării economice a centralelor termoelectrice și măsuri de reducere a consumului specific de combustibil.

f) Folosirea calculatoarelor electronice în conducerea proceselor tehnologice specifice instalațiilor termoenergetice și respectiv folosirea lor pentru modelarea numerică cu diferențe finite și elemente finite a fenomenelor termohidraulice.

Secția a IV-a a reunit lucrări tratînd probleme de optimizare a proiectării și respectiv a exploatării potențialului hidroenergetic. În mod sintetic, ideile prezentate au urmărit direcțiile : a) optimizarea proiectării schemelor de amenajare hidroenergetică și respectiv de exploatare a lacurilor de acumulare afluente CHE ; b) modelarea matematică a fenomenelor de transport prin conducte și canale, cu referire la acțiunea agenților poluanți ; c) cercetări privind optimizarea exploatării stațiilor de pompare.

Modelarea matematică a proceselor de transfer de masă și căldură și aplicarea ei la studiul fenomenului de ceață prin poluarea termică a apelor, a condus la rezultate foarte interesante privind funcționarea canalului Dunăre — Marea Neagră. Prezența excesului de căldură, datorită debușării debitelor de răcire a CNE, conduce la cețuri intense, cu vizibilitatea mult redusă în comparație cu regimul natural.

La nivelul întregii țări, volumul global al acumulărilor hidroenergetice este de circa 10,6 miliarde m^3, din care se folosesc în mod curent circa 2 miliarde m^3. Diferența este folosită ca rezervă de acumulare pentru atenuarea viiturilor. Prin folosirea metodelor moderne de prognoză (punctuale, spațiale, globale) se poate obține un spor important de energie la amenajările hidroenergetice existente sau în stadiul de proiectare.

Modelarea numerică a dinamicii fluidelor în bieful aval al CHE a dus la concluzii interesante privind influența regimului hidraulic asupra exploatării agregatelor hidroenergetice. Astfel, se constată că în absența contrapantei zona de apă moartă are o extindere însemnată dacă rugozitatea patului aval este relativ mică.

Realizarea programului de îmbunătățiri funciare pe suprafața arabilă planificată, care la sfîrșitul acestui an va ajunge la peste 2300 mii ha, reclamă executarea unor stații de pompare cu randamente superioare. Analiza căilor de obținere a acestor randamente și de implementare a lor pe agregatele existente a condus la concluzia obținerii unor importante economii de energie. De exemplu, pentru pomparea unei cantități de 5 milioane m^3 de apă de către un singur agregat cu randament superior, aceste economii pot fi, față de soluția actuală, de 36545 kWh pentru pompele de pe ramura Râsova din SRP1 Hațeg și de 207038 kWh pentru agregatele de pe ramura Vederoasa din SRP1 Hațeg.

Secția a V-a a grupat lucrări care au tratat probleme legate îndeosebi de realizarea unor echipamente hidraulice cu performanțe superioare. Interesul celor prezenți a fost polarizat pe următoarele direcții : a) cercetări teoretice de mecanica fluidelor și stabilitate hidrodinamică ; b) cercetări teoretice și experimentale privind funcționarea rotoarelor hidroagregatelor, a elicelor intubate și a rotoarelor turbomașinilor ; c) optimizarea proiectării și exploatării sistemelor complexe de tratare a apelor și d) proiectarea asistată de calculator a palelor rotoarelor Dériaz.

Calculul și proiectarea asistată de calculator a rotoarelor Dériaz au dus la elaborarea unei metodologii care va fi folosită la realizarea a trei rotoare diagonale, necesare echipării unor CHE din țara noastră.

Teoria stabilității hidrodinamice este aplicată la studiul tranziției de la mișcarea laminară la mișcarea turbulentă. Apariția turbulenței, legată nemijlocit de stabilitatea sau instabilitatea curgerii laminare, constituie o problemă fundamentală a mecanicii fluidelor și conduce la importante aplicații practice. De exemplu, acest fenomen de tranziție intervine direct ca un parametru esențial în proiectarea, laminarizarea și încercarea profilelor hidroaerodinamice ; în proiectarea și realizarea elementelor fluidice ; în proiectarea modernă a camerelor de combustie, precum și a unor instalații de răcire.

Cercetări teoretice și experimentale destinate stațiilor de tratare și epurare a apelor care prevăd bazine de epurare de adîncime medie sau mare, au evidențiat în ultima vreme avantajul folosirii ejectoarelor statice sau autopropulsante bazate pe principiul pompei cu jet de fluid. Utilizate inițial ca aparate ajutătoare, ejectoarele tind să devină utilaje de aerare independente datorită performanțelor economice relativ ridicate.

Secția a VI-a a reunit lucrări tratînd problemele specifice dezvoltării ingineriei nucleare la noi în țară și respectiv realizării sarcinilor ce decurg din Programul nuclear pus în fața noastră de către partid. Lucrările prezentate au atacat probleme ce pot fi grupate în : a) cercetări experimentale și teoretice de termohidraulică a reactoarelor nucleare ; b) cercetări experimentale și teoretice de fizica reactoarelor nucleare clasice și rapide ; c) controlul și dinamica reactorului nuclear, cu accentul pus pe fenomenele de otrăvire cu Xe ; d) cercetări privind comportarea în funcționare a generatoarelor de abur, conductelor și turboagregatelor din CNE și e) cercetări privind riscul și securitatea nucleară.

În calculul transferului de căldură între un perete și un fluid în curgere se apelează în mod inevitabil la coeficientul de convecție α. Aceasta implică însă cunoașterea distribuției de temperatură în lichid și pe suprafața corpului. Cum aceste temperaturi sînt greu de cunoscut, mai ales în cazul reactoarelor nucleare, sînt necesare alte metode de calcul, cum este cea a transferului de căldură conjugat. Această metodă constă în rezolvarea simultană a ecuațiilor transmisiei de căldură în fluid și în corpul solid.

Securitatea și riscul nuclear constituie două concepte complementare, de o importanță deosebită în proiectarea și exploatarea CNE. Deși lucrările prezentate la această sesiune tratînd tematica securității nucleare au fost puține, ele au reușit să surprindă o serie de aspecte esențiale ale securității și riscului nuclear. S-au făcut, de asemenea, referiri interesante la accidentul nuclear de la Three Mile Island (S.U.A.).

Fizica reactorului nuclear constituie un domeniu de analiză extrem de complex, în care cercetările teoretice se bazează tot mai mult pe calculul numeric cu diferențe finite și elemente finite.

Secția a VII-a a grupat lucrări tratînd probleme specifice valorificării energiilor regenerabile. Direcțiile tematice de polarizare a interesului participanților au fost : a) cercetări teoretice și experimentale privind utilizarea intensivă a resurselor heliotermice ; b) proiectarea și funcționarea optimă a captatoarelor solare ; c) cercetări teoretice și experimentale privind realizarea CSE ; d) utilizarea energiei solare în procese termice industriale și de încălzire ; e) valorificarea

apelor geotermale și a energiei valurilor; f) probleme specifice calculului turbinelor cu gaze și eoliene; g) cercetări teoretice și experimentale privind valorificarea biogazului.

Centralele solaroelectrice cu cîmp de heliostate și turn, cu conversie termodinamică, se deosebesc de celelalte tipuri de centrale termoelectrice prin particularitățile ce derivă din modul de variație al fluxului de energie primară. Intensitatea fluxului radiației solare variază după un ciclu diurn, peste care se suprapun perturbații aleatoare datorate nebulozității care o poate diminua. În aceste condiții turboagregatul trebuie gîndit astfel încît să poată funcționa cu o bună fiabilitate la variația zilnică a parametrilor, într-un domeniu cît mai larg.

Pentru captatoarele plane, determinarea unghiului optim de înclinație constituie o problemă complexă, depinzînd atît de latitudinea locului, cît și de condițiile meteorologice din zona geografică pentru care este calculat. De exemplu, pentru zona Timișoara unghiul este de 39°04′ (ian.-dec.) și de 30°19′ (apr.-sept.).

Cercetările experimentale de producere și valorificare a biogazului la IAS 30 Decembrie au condus la rezultate deosebit de interesante. De exemplu, în 1982 începînd din iunie și pînă în decembrie, instalația de 5 m³/h apă uzată a produs 20 000 m³ de biogaz în flux continuu. Aceasta înseamnă că la o cantitate de CBO5 = 10 kg/m³ se obțin 8 m³ de biogaz, din care 5,6 m³ biogaz sînt disponibili, iar restul de 2,4 m³ se utilizează pentru funcționarea procedeului. Acești 2,4 m³ de biogaz sînt suficienți pentru a acoperi toate cheltuielile energetice ale instalației, inclusiv energia electrică necesară agitării.

Secția a VIII-a a reunit lucrări tratînd probleme de instalații electroenergetice. Diversitatea temelor abordate face mai dificilă o grupare a lor pe direcții de cercetare, una dintre posibilitățile de grupare fiind următoarea: a) cercetări teoretice și experimentale pentru determinarea cîmpului electric al configurațiilor de înaltă tensiune, cu analizarea fenomenelor corona și a comportării lanțurilor de izolatoare; b) optimizarea schemelor electrice și a secțiunii conductoarelor destinate serviciilor proprii tehnologice din centralele electrice; c) cercetări privind siguranța în funcționare a instalațiilor și centralelor electrice; d) cercetări privind dimensionarea și funcționarea optimă a rețelelor electrice; e) conducerea optimală prin sisteme de conducere numerică.

Cunoașterea repartiției corecte a cîmpului electric în jurul conductoarelor de înaltă tensiune permite adoptarea unui model fizic mai corect al descărcării corona și contribuie la determinarea mai adecvată a influenței învelișului corona asupra coeficientului de cuplaj. Repartiția intensității cîmpului electric în învelișul corona depinde de ipoteza luată în considerare privind repartiția sarcinilor spațiale. De exemplu, în ipoteza unei repartiții uniforme a sarcinilor spațiale și a unei unde de 16/80 μs, intensitatea cîmpului electric variază între 10 kV/cm și 20 kV/cm, în funcție de amplitudinea tensiunii, la polaritatea negativă a tensiunii.

Analiza schemelor electrice pentru viitoarele CET a condus la propunerea producerii puterii în grupurile de 60 MW la 6,3 kV, adică la eliminarea unităților de transformatoare de 10,5/6,3 kV și obținerea unor indicatori superiori de funcționare.

Cercetările teoretice privind dimensionarea optimă a secțiunii cablurilor de servicii proprii din CTE a condus la elaborarea unei noi metodologii de calcul și a unui îndrumar de alegere a secțiunii economice, încă din faza de proiectare.

În scopul optimizării funcționării grupului Diesel de alimentare a serviciilor proprii de la CNE Cernavodă, s-a elaborat un program de calcul de pornire secvențială, care a fost testat apoi pe un model experimental, cu bune rezultate.

Secția a IX-a a grupat lucrări tratînd probleme de rețele și echipamente electroenergetice, și anume: a) cercetări teoretice privind funcționarea rețelelor electrice; b) cercetări teoretice și experimentale privind realizarea și ameliorarea performanțelor întreruptoarelor electrice; c) îmbunătățirea performanțelor de funcționare a hidroagregatelor; d) cercetări teoretice și experimentale privind alimentarea cu energie și funcționarea cuptoarelor electrice cu arc; e) cercetări privind optimizarea transformatoarelor.

Prezența arcului electric la întreruperea curentului alternativ provoacă deformarea curbei de variație a acestuia, care se abate de la forma sa sinusoidală. În timp ce ruperea unui curent activ se efectuează în condiții relativ ușoare, ruperea curenților inductivi, care rezultă în cazul general al întreruperii oricărui circuit electric de energie, se efectuează în condiții mai severe. În acest ultim caz stingerea are loc numai dacă la o anumită distanță între contacte, tensiunea de aprindere a arcului devine mai mare decît tensiunea aplicată.

Solicitările întreruptoarelor electrice în procesul de comutație, influențate de arcul electric, provoacă la smulgerea curentului în întreruptor supratensiuni de comutație. Pentru ameliorarea performanțelor întreruptoarelor, în cazul celor cu aer comprimat s-a folosit efectul aerodinamic Coandă.

Experiența de exploatare a funcționării hidrogeneratoarelor în regim de consumator de putere reactivă, a permis evaluarea diagramei de performare a hidroagregatelor și găsirea unor soluții privind consolidarea suplimentară a lagărelor radiale impusă de eforturile radiale datorate dezechilibrului electromagnetic.

Cercetările experimentale și teoretice privind caracteristicile de funcționare ale cuptoarelor cu arc în regim sinusoidal și nesinusoidal au permis dimensionarea unei instalații de filtrare de mare putere, ținînd seama de principiul separării puterilor într-un sistem trifazat, nesimetric și nesinusoidal.

Secția a X-a a reunit lucrări cu o tematică foarte complexă, orientată spre metode moderne de proiectare, simulare și conducere a sistemelor și rețelelor electrice. Principalele direcții abordate au fost următoarele: a) cercetări privind cibernetica sistemelor de energie și a rețelelor electrice de distribuție, în scopul reducerii consumurilor proprii tehnologice; b) conducerea optimală prin dispecer a sistemelor și rețelelor electrice, cu posibilitatea asistării ei prin calculator; c) cercetări numerice cu modelare pe calculator a regimurilor funcționale ale sistemelor și rețelelor electrice; d) compensarea optimă a puterii reactive în rețelele electroenergetice.

Din suita modelelor matematice ale energocibernetici au reținut atenția următoarele: modelele operatorilor de producție, modelele transformatoarelor (L; Z) și modelele agregat cu două bucle de reacție. Exprimarea acestor modele în concepția sistemică presupune parcurgerea activităților pe ciclul tehnologic producție-consum (lanț energetic) și pe ciclul conceptual proiectare-montaj-exploatare (stările sistemului). O detaliere a analizei la nivelul întreprinderilor energetice (IEV; IRE; ICE) se face elaborînd atît modelele pe funcțiuni, cît și modelul agregat al întregii activități energotehnologice.

Numărul mare de participanți la sesiune și valoarea științifică a dezbaterilor au demonstrat interesul specialiștilor pentru această manifestare de prestigiu a energeticienilor, utilitatea permanentizării ei, precum și necesitatea comunicării rezultatelor cercetării științifice din domeniul energeticii într-o sesiune la nivel național, care să constituie un valoros schimb de experiență și o reflectare calitativ superioară a triadei învățămînt-cercetare-producție. La cererea multora dintre participanți, conducerea facultății de Energetică a analizat posibilitatea realizării acestui deziderat, luîndu-se deja unele inițiative în acest sens.

Dr. ing. Constantin Brătianu
Institutul Politehnic București

Trustul de Construcții Hidroenergetice BUCUREȘTI

TCH

A. EXECUTAT

61 BARAJE de următoarele tipuri :

39 DE GREUTATE DIN BETON

. BICAZ H = 127 m ; volum beton = 1,6 mil m^3

13 DE BETON IN ARC

. VIDRARU H = 166,6 m ; volum beton = 480 mii m^3

3 DE BETON CU CONTRAFORTI

. POIANA UZULUI h = 80,5 m ; volum beton = 720 mii m^3

6 DE ANROCAMENTE

. VIDRA H = 121 m ; volum anrocamente = 3,5 mil m^3

59 CENTRALE HIDROELECTRICE de tipul :

5 SUBTERANE

. LOTRU CIUNGET, P_i = 510 MW

24 BARAJE

. PORTILE DE FIER I, P_i = 1050 MW (partea Română)

23 DE DERIVATIE

. BICAZ, P_i = 210 MW

7 LA PICIORUL BARAJULUI

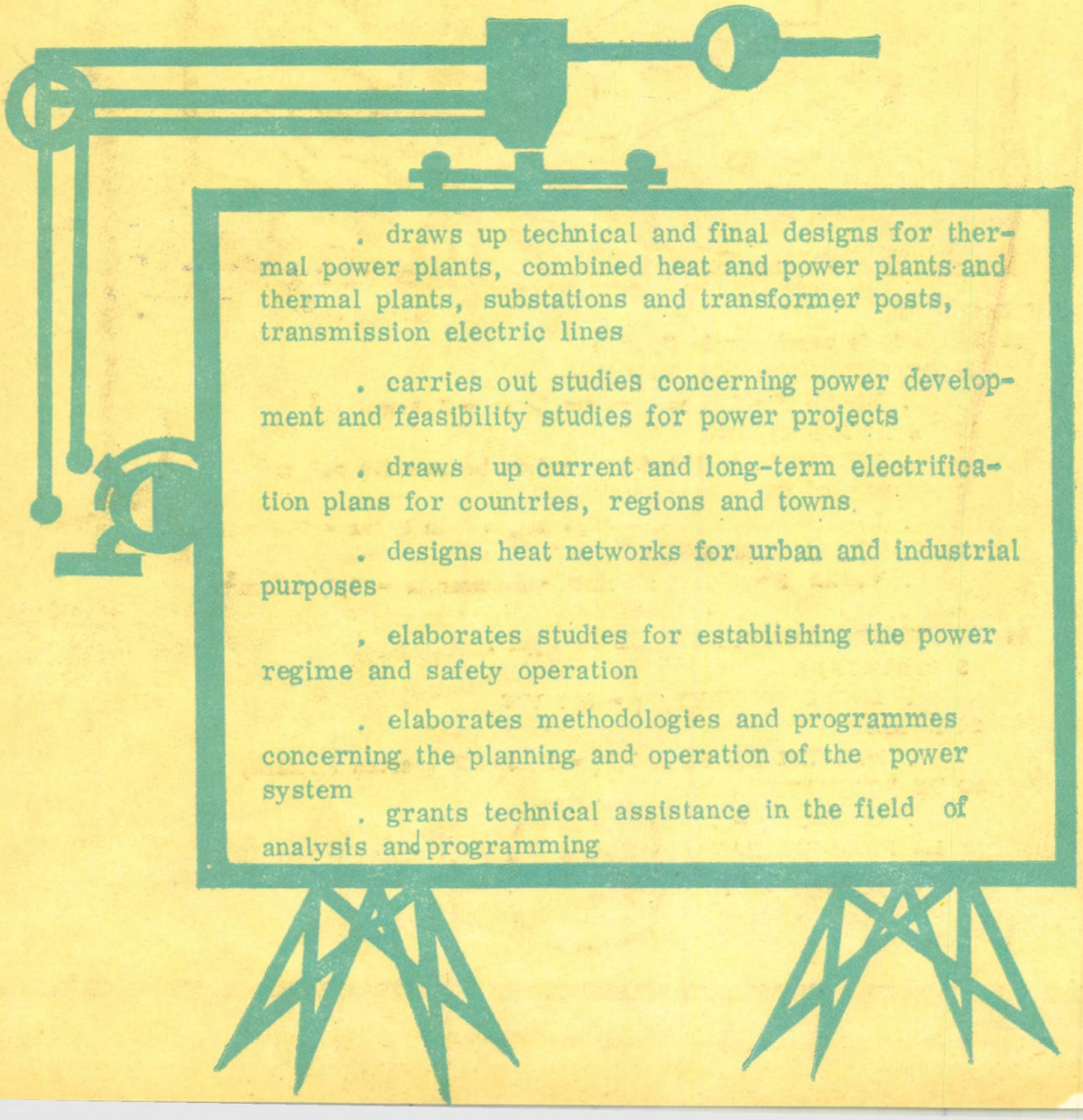
. TARNITA, P_i = 45 MW

ISPE
MINISTERUL ENERGIEI ELECTRICE
INSTITUTUL DE STUDII ȘI PROIECTĂRI ENERGETICE
BUCUREȘTI 30 • BD. LACUL TEI NR.1 • SECTOR 2
TELEGRAME I.S.P.E. – BUC. TELEX 10.978 – TELEFON 12.19.70

1983 NOV 3

The Institute for Power Studies and designs, the specialized body of the Ministry of Electric Energy carries out studies and designs required for the development and for the economic and safety operation of the national power system:

· cooperates with foreign firms and organizations for specialized works and gives, on demand, all kind of engineering assistance in the power field



. draws up technical and final designs for thermal power plants, combined heat and power plants and thermal plants, substations and transformer posts, transmission electric lines

. carries out studies concerning power development and feasibility studies for power projects

. draws up current and long-term electrification plans for countries, regions and towns

. designs heat networks for urban and industrial purposes

. elaborates studies for establishing the power regime and safety operation

. elaborates methodologies and programmes concerning the planning and operation of the power system

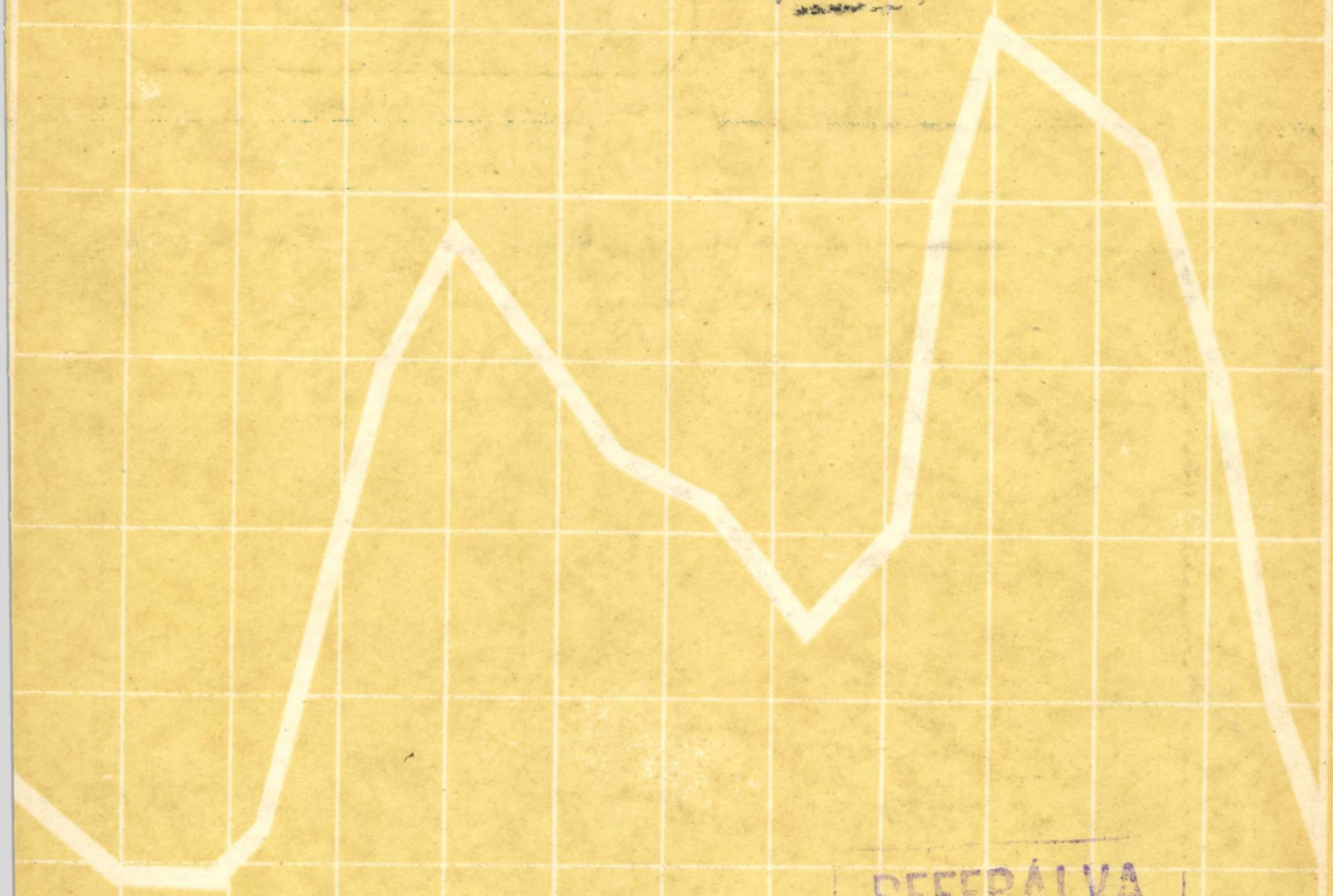
. grants technical assistance in the field of analysis and programming

E2039

~~Elektrotech.~~
Energia

MW

5



R

REFERÁLVA

energetica

VOLUMUL XXXI
BUCUREŞTI
MAI 1983

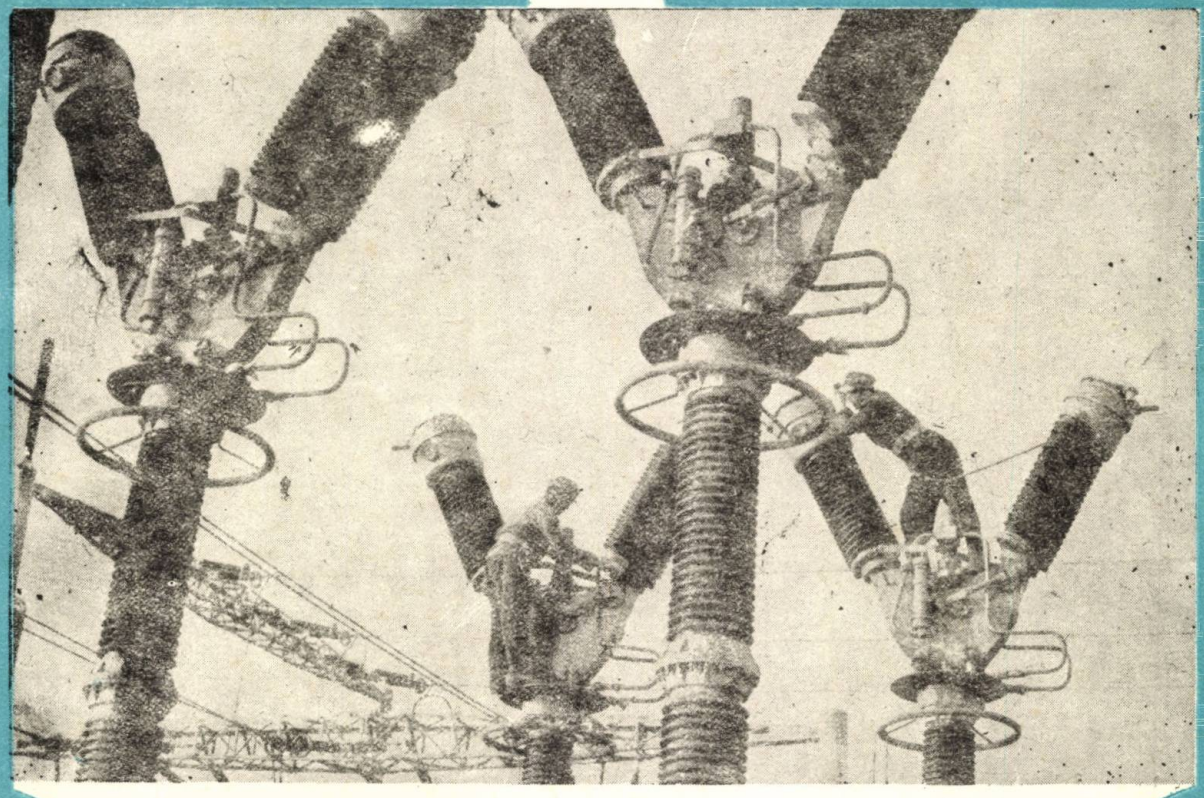
0 6 12 18 24

ROMELECTRO

INTREPRINDERE PENTRU
COMERT EXTERIOR

B - dul Lacul Tei, nr. 1 sector 2
Bucuresti 7000, c. p. 1 – 736
tel 12 13 26 – 12 05 51
TELEX : 10 449 roel r
BUCURESTI – ROMANIA

EXPORT • IMPORT • INSTALATII ENERGETICE • ENGINEERING • CONSULTING • ANTREPRIZA GENERALA



Romelectro Foreign Trade Company carries out services in the power field ranging from studies and designs up to projects commissioning.

EXPORTS :

- high, medium and low voltage lines ;
- transformer and distribution substations and points ;
- poles and fittings for the high, medium and low voltage lines ;
- rural electrification equipment ;
- erection and assembling of power projects carreid out abroad for thermo and hydropower stations, special civil works (cooling towers, chimneys), dams, hydrotechnical constructions etc., export and transport of electric power ;
- studies, designs, technic assistance, expert's accounts in the power field as well as other specific engineering jobs.

IMPORTS :

- complex power installation and equipment for thermo and hydropower generating plants ;
- specific equipment and components for the power field, relevan spare parts included ;
- equipment, apparata and materials for the erection of high, medium and low voltage lines and for turn-key deliveries.

ENERGETICA

ORGAN AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ŞI AL CONSILIULUI NAŢIONAL AL INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN REPUBLICA SOCIALISTĂ ROMÂNIA

SUB ÎNDRUMAREA CONSILIULUI ŞTIINŢIFIC AL INSTITUTULUI CENTRAL DE CERCETĂRI ENERGETICE

COLEGIUL DE REDACŢIE

Dr. ing. **Gh. Bălan** (redactor responsabil adjunct)
Ing. **P. Cartianu**
Ing. **L. Cernuşen**
Ing. **M. M. Dăncilă**
Ing. **H. Furtunescu**
Ing. **N. Georgian**
Dr. ing. **Gh. Luca**
Dr. chim. **Maria Maftei**
Dr. ing. **G. Manolescu**
Ing. **B. Marcu**
Ing. **I. Măiereanu** (redactor responsabil adjunct)
Dr. ing. **Călin Mihăileanu** (redactor responsabil)
Prof. dr. doc. ing. **V. I. Nitu**
Dr. ing. **E. Pavel**
Dr. ing. **T. Popa**
Dr. ing. **C. I. Staicu** (secretar redacţie)

Revista „Energetica" este publicaţie lunară devotată preocupărilor spirituale şi realizărilor materiale în domeniul energeticii

Redacţia şi administraţia: Bucureşti 74568. Bd. Energeticienilor 8, sector 3,
Telefon: 20 67 30, 21 46 30

INFORMÁCIÓS MŰSZAKI KÖZPONTI SZOLGÁLAT

ANUL 31 **5** MAI 1983

Cuprinsul

ARTICOLE

E. Costin: **Modalităţi de cointeresare a marilor consumatori în reducerea puterii absorbite la vîrful de sarcină al SEN** (cu prezentare în limba engleză) 209—217

Fl. Ciurel, I. D. Sucevеanu, E. Covar, M. Smilovici, A. Nicolae: **Economia de energie electrică — preocupare permanentă a proiectanţilor din industria chimică** 217—224

E. Pavel: **Analiza comparativă a agenţilor termodinamici folosiţi la recuperarea pierderilor de căldură cu potenţial scăzut, din procese industriale** 224—229

G. Chercea, M. Rădulescu, A. Roşu: **Reducerea pierderilor de căldură prin ardere mecanic incompletă la cazanele de abur funcţionînd cu lignit** 229—234

D. Cristescu ş.a.: **Aspecte privind comportarea LEA de 400 kV dublu circuit cu trei conductoare pe fază, din punctul de vedere al descărcării corona** 235—238

D. Zlatanovici, Gh. Bălan, F. Engler: **Izolaţie termorigidă românească pentru maşinile electrice de înaltă tensiune din SEN-performanţe şi comportare în exploatare** 238—242

Gh. Opriş: **Evoluţia concepţiei de echipare a centralelor hidroelectrice de mare cădere din R. S. România** 243—245

SCHIMB DE EXPERIENŢĂ IN EXPLOATARE

D. Purcaru: **Aspecte tehnico-economice privind folosirea fundaţiilor prefabricate la construcţiile LEA de joasă tensiune** 246

INVENŢII-INOVAŢII 247—248

NOUTĂŢI TEHNICO-ŞTIINŢIFICE 248

CRONICA 249—251

RECENZII 251—252

Revista „Energetica" este editată cu concursul permanent dat de:

chim. **Eleonora Ataman**
dr. ing. **J. Constantinescu**
ing. **Ana Dobre**
ing. **T. Dragomir**
ing. **Angela Perea**
dr. ing. **Gh. Popa**
dr. ing. **M. Pomârleanu**
ing. **A. Roşu**
ing. **V. Rugină**
ing. **I. Turcu**

În revista ENERGETICA se publică:

Articole

Informaţii referitoare la: publicaţii recente (cărţi, reviste), noutăţi ştiinţifice şi tehnice, invenţii şi inovaţii, experienţă de exploatare, realizări tehnice remarcabile, manifestări tehnico-ştiinţifice naţionale şi internaţionale (congrese, conferinţe, simpozioane), titluri de articole de specialitate din alte reviste.

Materiale diverse: cronici, recenzii, discuţii la articolele publicate, puncte de vedere ale autorilor, concluziile discuţiilor în jurul meselor rotunde.

Revista ENERGETICA este editată şi administrată de Institutul de cercetări şi modernizări energetice — ICEMENERG.

M. David — şeful Oficiului de informare documentară pentru energetică

Ana Maria Chivu — redactor

Instituţiile pot achita abonamentele în contul de virament nr. 30.11.8.01.01 — BN R.S.R. Fil. sect. 3. Costul unui abonament: 144 lei anual; costul unui exemplar: 12 lei.

Cititorii din străinătate se pot abona la ILEXIM, Departamentul Export-Import Presă, P. O. Box 136—137, telex: 11226, Bucureşti, str. 30 Decembrie, nr. 3.

Tiparul: Întreprinderea poligrafică „Informaţia", Bucureşti, str. Brezoianu 23—25, c. 1260.

41401

ANNOUNCEMENTS FOR READERS ABROAD

- The review „Energetica" can send on request from publications abroad reports translated in one of the worldwide spoken languages.
- The review „Energetica" proposes a publication exchange with similar reviews and in relating fields.
- The review „Energetica" provides and publishes or introduces books on energy received at the editorial office. Reviews and presentations of books sent on this purpose to the editorial office can be published as well.
- The review „Energetica" publishes on request from authors abroad reports on energy or other materials: technical and scientific news, inventions-innovations, information about technical and scientific symposia etc. written in one of the worldwide spoken languages.

СОДЕРЖАНИЕ

Э. Костин: **Способы заинтересования больших потребителей в снижении потребляемой мощности при пиковой нагрузке в Национальной Энергетической Системе** (с изложением на английском языке) 209—217

Фл. Чурел, И. А. Сучеряну, Э. Ковар, М. Смилович, А. Николае: **Сбережение электроэнергии — постоянная забота проектировщиков в химической промышленности** 217—224

Э. Павел: **Сравнительный анализ теплодинамических агентов, используемых в рекуперации низкопотенциального тепла от промышленных процессов** 224—229

Г. Керча, М. Рэдулеску, А. Рошу: **Снижение потерь тепла с механическим недожогом у паровых котлов, сжигающих лигнит** 229—234

Д. Кристеску, М. Унгуряну, П. Постолаке, Г. Мэгуряну: **Аспекты, касающиеся вопроса работы двухцепных ЛЭП 400 кВ с трёх-проводниковыми фазами — с т.з. коронирующего разряда** 235—238

Д. Златанович, Г. Бэлан, Ф. Энгстер: **Теплоустойчивая изоляция румынского производства для электрических машин высокого напряжения, работающих в Национальной Энергетической системе — лучшие достижения и поведение в эксплуатации** 238—242

Г. Оприш: **Эволюция концепции относительно оборудования высоконапорных ГЭС в СРР** 243—245

ОБМЕН ОПЫТОМ В ЭКСПЛУАТАЦИИ 246

ИЗОБРЕТЕНИЯ 247—248

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ НОВОСТИ 248

ХРОНИКА 249—251

РЕЦЕНЗИИ 251—252

INHALTSVERZEICHNIS

E. Costin: **Möglichkeiten der Mitbeteiligung der Grossenergieverbraucher zur Verminderung der Leistungsaufnahme an der Spitzlast des Nationalenergieversorgungssystems** (mit einer Vorführung in Englisch) 209—217

Fl. Ciurel, I. D. Suceveanu, E. Covar, M. Smilovici, A. Nicolae: **Die Energieeinsparung — ein ständiges Anliegen der Projektanten aus der chemischen Industrie** 217—224

E. Pavel: **Vergleichsanalyse der Wärmeträger verwendet zur Wärmeverlustgewinnung aus den Industrieprozessen** 224—229

G. Chercea, M. Rădulescu, A. Roşu: **Verminderung der Wärmeverluste durch mechanisch unvollständige Verbrennung in braunkohlebetriebenen Dampfkesseln** 229—234

D. Cristescu, M. Ungureanu, P. Postolache, Gh. Măgureanu: **Aspekte des Verhaltens von 400 kV Hochspannungsfreileitungen mit doppelten Kreislauf und drei Phasenleitern, vom Standpunkt der Coronaentladung** 235—238

D. Zlatanovici, Gh. Bălan, F. Engster: **Rumänische wärmefeste Isolation für Hochspannungsmaschinen aus dem Nationalenergieversorgungssystem — Leistungen und Betriebsverhalten** 238—242

Gh. Opriş: **Entwicklung der Ausrüstung der Hochdruckkraftwerke aus Rumänien** 243—245

ERFAHRUNGSAUSTAUSCH AUS DEM BETRIEB 246

ERFINDUNGEN 247—248

WISSENSCHAFTLICHE UND TECHNISCHE NEUERUNGEN 248

CHRONIK 249—251

REZENSION 251—252

SOMMAIRE

E. Costin: **Modalités d'interssement des grands consommateurs dans la réduction de la puissance absorbée à la pointe de charge des SEN** (à présentation en anglais) 209—217

Fl. Ciurel, I. D. Suceveanu, E. Covar, M. Smilovici, A. Nicolae: **Economie d'énergie électrique — préocupation permamanente des calculateurs de projet de l'industrie chimique** 217—224

E. Pavel: **Analyse comparative des agents thermodinamiques utilisés à la récupération des pertes de chaleur à potentiel réduit des procès industriels** 224—229

G. Chercea, M. Rădulescu, A. Roşu: **Réduction des pertes de chaleur par la combustion mécanique incomplète aux chaudières à vapeur fonctionnant à lignite** 229—234

D. Cristescu, M. Ungureanu, P. Postolache, Gh. Măgureanu: **Aspects concernant le comportement LEA de 400 kV à double circuit et à trois conducteurs sur phase du point de vue de la décharge corona** 234—238

D. Zlatanovici, Gh. Bălan, F. Engster: **Isolation thermorigide roumaine pour les machines électriques de haute tension du SEN — performances et comportement dans l'exploitation** 238—242

Gh. Opriş: **Evolution de la conception de gréement des centrales hydroélectrique à grande chute de la Roumanie** 243—245

ECHANGE D'EXPERIENCE EN EXPLOITATION 246
INVENTION – INNOVATION 247—248
NOUVEAUTÉ TECHNICO – SCIENTIFIQUES 248
CHRONIQUE 249—251
COMPTE RENDU 251—252

SUMMARIES

D.C. 621.311.153 :621.3.016.23

E.: Costin **Manners of Increasing the Interest of Large Consumers in Decreasing the Absorbed Power During the National Energy System Load Peak**

The paper presents in detail the favourable and unfavourable implications for the national energy system operation of using a new measure for flattening daily consumption curves : different tariffs for the absorbed energy and power during the system load peak, by introducing several peak areas. It results that the examined measure does not have only effects which can be foreseen rigorously ; this measure creates a risk worth remembering to obtain a load peak superior to the previous one but belated in time. Under these circumstances, the measure presented cannot be recommended for practical application.

Energetica 31 (1983), nr. 5, p. 209–217

D.C. 621.3.016.4.003

Fl. Ciurel, I. D. Suceveanu, E. Covar, M. Smilovici, A. Nicolae: **Electrical Energy Savings — A Steady Concern of the Designers Within the Chemical Industry**

The paper deals with some of energy saving methods in the chemical industry, methods that can be applied in other industrial branches as well.

Energy economical solutions for the transport of liquid and solid grained products, energy saving by adjusting the rotation with frequency static converters, reduction of electrical energy industrial consumptions by replacing mercury vapour rectifiers with thyristor-controlled rectifiers, means of cutting down energy consumptions for illuminating the production spaces and a descentralized compensation of the reactive powers in the present distribution networks — a means to reduce own technological consumptions are dealt upon in the paper.

Energetica 31 (1983), nr. 5, p. 217–224

C.D. 536.7 :621-68

E. Pavel: **Comparative Examination of the Thermodynamic Media Used to Recover Low Temperature Waste Heat From Industrial Processes**

One of the most interesting ways to increase the overall energetic efficiency of the industrial processes, is to recover the waste heat. If direct thermal utilization is not possible, then the conversion of the waste heat into mechanical work or electrical energy seems to be very attractive. In many cases the waste heat is available at temperatures less than 250° C ; so the working media must have adequate characteristics to fulfill the thermodynamic cycle conditions. In the present paper, a comparative analysis between the thermodynamic working media, utilised or possible to be utilised in the well-known Clausius-Rankine or Brayton cycles, is performed. It is to underline that the physical and chemical properties of the working media are determinant for the efficiency, for instance, the organic media have good qualities in this respect, in particular, for low temperature waste heat. Several ideas for practical applications are suggested in the paper.

Energtica 31(1983), nr. 5, p. 224–229

D.C. 621.311.18 :66.012

G. Chercea, M. Rădulescu, A. Roşu: **Reduction of Heat Losses Due to Lignite Mechanical Incomplete Combustion in High Capacity Boilers**

The paper deals with the results of the exprimental investigations on some methods aiming to reduce the heat losses due to mechanical incomplete combustion in the high capacity boilers running on lignite with a high xilite content.

The following methods have been analysed :

— tertiary air blast in the slag funnel of the furnace ;
— slag recovery for regrinding and repeated burning ;
— afterburning grate.

The technical-economical comparison proved that the afterburning grate is the most efficient method particularly due to its contribution to the combustion stability and to the reduction of oil consumption as flame support.

Energetica 31 (1983), nr. 5, p. 229–234

D.C. 621.315.1 :621.315.2.027.3

D. Cristescu, Marilena Ungureanu, P. Postolache and Gh. Măgureanu: **Aspects Regarding the Behaviour of Double Circuit 400 kV OHEL Three Phase Conductors from the Point of View of Corona Discharges**

The paper presents news about the radioelectric perturbatory level of double circuit 400 kV OHEL with three phase conductors and Donau-type crowns. The predetermination calculus as well as the experiments carried out at the High Voltage Techniques Laboratory of the Polytechnical Institute of Bucharest are presented. The experimental determination of the acoustic noise at these types of OHEL are presented as well as the noise standardization criteria.

Connected to the radioelectric perturbatory level of conductors, the experimental determinations of the radioelectric perturbatory level of insulators chains is also shown, for three phase conductors which are to be used for the future 400 kV double circuit OHEL.

Energetica 31 (1983), nr. 5, p. 235–238

D.C.621.313 :621.3.027.3/7

D. Zlatanovici, Gh. Bălan, F. Engster : **Romanian Thermoresistant Insulation for High Voltage Electrical Machines within ENS — Performance abd Behaviour in Operation**

The paper deals with the performances of a thermoresistant insulation system carried out by Energy Research and Modernising Institute, the insulation being accomplished with a P 722 micaband (produced by the Institute for Cables and Electro-Insulating Materials) and meant to rewind the high voltage electrical machines whose insulation has been damaged or aged.

The behaviour in operation of this insulation has been also described on the basis of periodical measurements of $tg\delta$ and of the partial discharges accomplished at some of rewound generators.

Both the performances and the behaviour in operation are shown versus other types of insulations, such as sliudothermal, isotenax, etc., whose specifications have been measured in similar conditions.

Energetica 31 (1983), nr. 5, p. 238–242

D.C. 621.311.21.005

Gh. Opriş: **Equipping Conception Evolution for the High Head Hydroelectric Power Plants in Romania**

This issue deals with the basic technical characteristics of the units in high head hydroelectric power stations (H over 50 m) in operation, under manufacturing or under design. Based on these characteristics the changes occured in the equipping conception are rendered evident, namely : diminishing of the unit number and therefore the unit size increasing, use of the Francis turbines for higher and higher heads (up to 600 m), generalization of vertical shaft arrangement, higher specific speeds and increase of reusing existing units.

With respect to the gates a diminishing of their type and number within the developments and the influence of the energy crises on their section are noticed ; the previous tendency of reducing it was stopped in 1973, a continuous increase of the section being evident since then.

Energetica 31 (1983) nr. 5, p. 243–245

EXCHANGE OF EXPERIENCE IN OPERATION 246
INVENTIONS — INNOVATIONS 247–248
TECHNICAL AND SCIENTIFIC NEWS 248
CHRONICS 249–251
REVIEWS 251–252

Manners of Increasing the Interest of Large Consumers in Decreasing the Absorbed Power During the National Energy System Load Peak

(Condensed from the paper in Romanian)

E. Costin, D. Sc.

The load curve obtained in the national energy system during over twenty years since its existence, has experienced a very slow variation within narrow limits.

The general daily load curve shape during working days shows always two load peaks between which there are two load decrease areas called load dips. From among thw two maximum values, the one occuring in the evening — the evening peak — is usually higher than the one occuring in the morning — the morning peak. The difference between the evening and the morning peak, which has been more obvious at the beginnings of the national energy system has been decreased gradually, so that, beginning with the period 1979—1980, during certain times of the year, mostly during the summer, the values of the evening and morning peak should become practically equal.

The cause of this evolution is the development dynamics of certain consumers categories which do not take part in the evening peak: the irrigation consumers and to a smaller extent buffer consumers; an important part in the gross decrease of the summer peak was played by the summer time hour change introduced in 1979.

The shape of the chronological curve of maximum daily power values during a year is typical as well, having a minimum zone during the summer alternating with a maximum zone in winter. Even if the ratio between the summer maximum and the winter maximum has evoluated it is still subunitary, thus that a dimensioning of the energy system requires as a main item of the power value absorbed during the winter maximum.

From the short information presented above a quite advanced flattening of the national energy system load curves can be seen.

This is due partly to the electricity consumption structure, to the appearance of very large consumers operating continuously and partly to continuous, perseverent and sustained concerns in order to reduce a rational electricity consumption. A permanent concern to a maximum survey and restrain within rational limits of the electricity consumption has existed particularly during peak load periods of the national energy system. To this purpose the periods considered as load peak hours have been defined already from the beginnings of the national energy system by the Order of the Ministry of Electric Energy.

After the interlinking of the national energy system to the power systems of other COMECON countries, the precise determining of peak hours has served to the coordination of the energy activity with the one of the other systems.

During the present difficult operation conditions of the national energy system mainly in winter, situations which require the restraining of the system peak necessary even under the values achieved already can occur.

Under these circumstances the opportunity arises for an analysis of the possibilities to exert — by adequate measures — new pressures upon the consumers so that their interests during the evening peak should coincide with the general interest of the system, in order to withstand the peak loads of all the consumers with the available installations.

As to the complex measures used already in order to obtain the previously mentioned results, the study of the practices applied in other countries and systems has not enabled to outline measures with an already checked efficiency, which have not yet been considered in our country.

Thus, some ideas which have not been applied yet but which are susceptible to provide adequate results should be studied.

The examination of the concurring ideas in cutlining one possible, not yet studied, but applicable, measure, points out: the differentiation, during a peak period defined and applied at present, of a shorter period during which the consumption tariff increase should lead to the interest increase of consumers with a view to decrease of the consumption during this period (even if this consumption occurs during other periods of the day, outside the peak) thus implicitly reducing the energy system peak necessary.

Besides this possible measure, other rational possibilities have been found: in this situation, the system control can use the improvement of the consumption discipline along with the pressure increase upon the consumption decrease during the peak load, by means of already used instruments: the establishing by contracts of some consumption limits during the peak, corresponding to the reduced availability of the system and the emphasizing of the constraining measures, in case of exceeding these limits.

From the statements found out by examining the using possibilities of a restrained "peak during peak" zone, for stimulating the consumers to decrease the power use during the power system peak hours, items explained in the paper, the following conclusions can be drawn:

A. The measure can be applied during 6—8 months a year, except summer months, when the peak duration is 1—2 hours.

B. The energy measurement system needed in order to apply the studied measure is relatively simple and does not cost prohibitively much; the supplementary use of an energy measurement equipment with the respective switching meter (besides the measurement equipment with two points: for power and energy).

C. The consumers discount is complicated as compared to the present situation but it is not an obstacle to apply the measures.

D. The advantages obtainable by the applications of the "peak during peak" are proportional to the duration of the new peak and are estimated to the reduction down to 0.3—4% of the initial peak power if all the consumers co-operate actively in this respect.

Paradoxically, these advantages are maximized for the case in which the duration of the new "peak during peak" becomes equal to the peak duratin as considered at present.

E. In case the duration of the "peak during peak" is inferior to the present peak duration, the risk occurs that the displaced energy should be redistributed not only to the area outside the peak, but to the areas of the actual peak, not included in the "peak during peak".

Thus, the risk exists — which cannot be fought by any known measure — that the maximum peak power shall increase and not decrease, travelling at the same time to other areas of the peak than those where it occurs at present.

F. As compared to the stated facts, it seems dangerous and not sufficiently efficient to recommend the practical use of the measure of introducing a "peak during peak" to decrease the peak power in the national energy system.

From the items studied it results as possibility for a supplementary influencing of consumers only the possibility to use more severe measures to restrain the participation of the large consumers at the national energy system peak in its present shape:

— increasing the ratio between the energy price during the national energy system peak and outside this peak;

— increasing the reduction of the participation of each consummer to the system peak, by decreasing the participation quota stipulated in the supply contract concluded periodically;

— increase of penalties for contract stipulations exceeding;

— introducing of an efficient computer system for the consumer survey of observing the established values (as powers and as energy).

Modalități de cointeresare a marilor consumatori în reducerea puterii absorbite la vîrful de sarcină al SEN

Dr. ing. E. Costin *

1. Reglementări actuale privind perioadele de vîrf de sarcină

Curba de sarcină ce se realizează în cadrul SEN prezintă un aspect general, care, în decursul celor peste douăzeci de ani de existență a SEN, a variat foarte lent și în limite înguste.

Forma generală a curbei de sarcină zilnice din zile de lucru prezintă întotdeauna două valori maxime, de regulă cea care apare seara — vîrful de seară — fiind mai mare decît cea care apare în cursul dimineții — vîrful de dimineață. Diferența dintre vîrful de seară și cel de dimineață, mai accentuată la începuturile existenței SEN, s-a redus treptat, ajungînd ca începînd din perioada 1979—1980 în anumite momente ale anului — perioada de vară — valorile vîrfului de seară și dimineață să devină practic egale.

În figura 1, sînt prezentate curbe de sarcină din perioada 1960—1980, iar în tabelul 1 se furnizează elemente caracteristice ale acestor curbe.

Cauza acestei evoluții o constituie dinamica dezvoltării anumitor categorii de consumatori, care nu participă la vîrful de seară : consumatorii pentru irigații, precum și, în mai mică măsură, consumatorii tampon ; de asemenea, un rol important l-a jucat reducerea substanțială a vîrfului de seară din perioada de vară prin introducerea orei de vară din 1979.

Forma curbei cronologice a valorilor maxime zlnice ale puterii în cursul anului este de asemenea tipică, prezentînd o zonă de minim în perioada de vară, ce alternează cu o zonă de maxim, iarna. Chiar dacă raportul dintre maximul de vară și cel de iarnă a evoluat, el se menține în continuare subunitar, astfel că necesitățile dimensionării sistemului energetic impun în continuare considerarea, drept reper principal, a valorii puterii absorbite în perioada de maxim de iarnă.

În figura 2 sînt prezentate curbele anuale ale valorilor maxime în perioada prezentată, iar tabelul 2 conține datele numerice aferente.

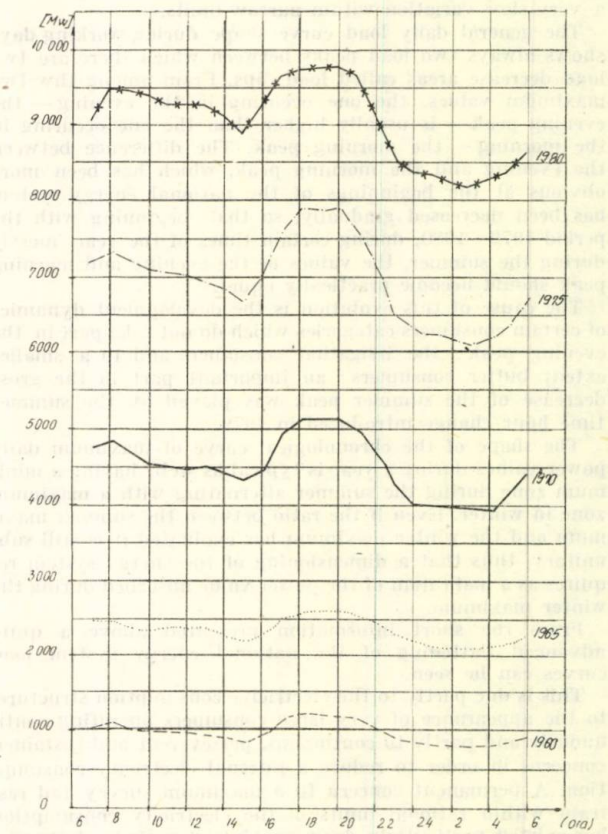


Fig. 1. Curbe de sarcină zilnice caracteristice din perioada de iarnă (decada a doua luna decembrie). Perioada 1960—1980.
(Characteristic daily load curves during the winter (the second decade of December). Period 1960—1980)

Tabelul 1

	Perioada	1960	1965	1970	1975	1980
Coeficient de umplere $P_{med}/P_{max.}$	vara	0,793	0,875	0,854	0,881	0,940
	iarna	0,810	0,900	0,870	0,878	0,918
Coeficient de neuniformitate $P_{min}/P_{max.}$	vara	0,667	0,799	0,771	0,806	0,851
	iarna	0,668	0,805	0,752	0,773	0,824
$P_{max.\ zi}/P_{max.\ seara}$	vara	0,848	0,904	0,885	0,913	1,003
	iarna	0,921	0,954	0,937	0,930	0,968

NOTĂ: — Datele sînt extrase din calculele referitoare la valorile medii ale decadei a doua din lunile iulie (vara) și decembrie (iarna) ale fiecărui an.
— Valorile puterilor realizate au fost corectate în funcție de valoarea frecvenței sistemului în momentul determinării puterii.

* Dr. ing. E. Costin este șef colectiv dezvoltare-consumuri — ISPE.

Din datele prezentate mai sus se poate constata o aplatisare, deosebit de avansată, a curbelor de sarcină ale SEN. Aceasta se datorește, pe de o parte, evoluției structurii consumului de energie electrică, apariției unor foarte mari consumatori cu funcționare continuă, iar,

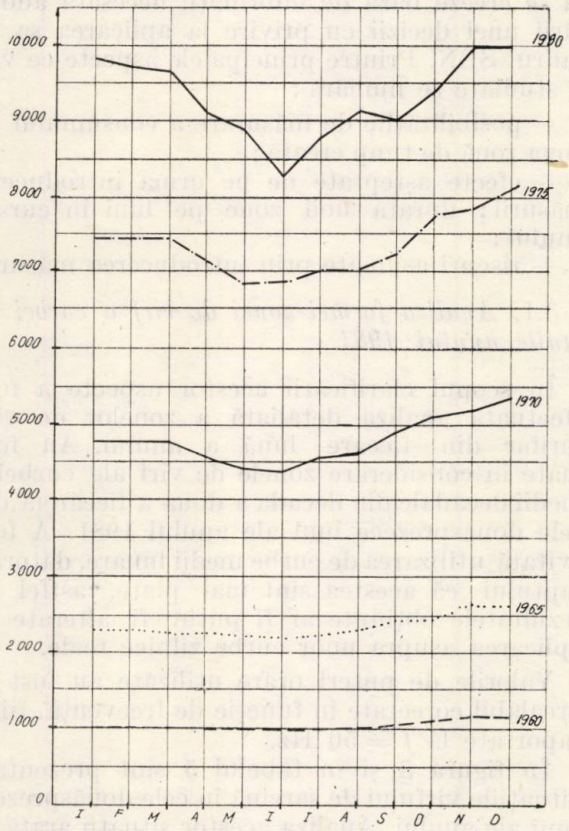


Fig. 2. Evoluția puterilor maxime lunare în cursul anului. Perioada 1960—1980.
(Evolution of maximum monthly power during one year. Period 1960—1980)

Tabelul 2

	1960	1965	1970	1975	1980
$P_{max.\ vara}/P_{max.\ iarna}$	0,788	0,830	0,832	0,835	0,879
$P_{iarna\ n}/P_{iarna\ n-1}$	1,158	1,179	1,112	1,071	1,057

NOTĂ: Pentru proveniența datelor, v. nota la tabelul 1.

pe de altă parte, preocupării continue, perseverente și susținute, manifestate pentru asigurarea unui consum rațional de energie electrică. În particular a existat o preocupare permanentă pentru urmărirea și restrîngerea maximă posibilă, în limite raționale, a consumului de energie electrică în perioadele de vîrf ale SEN. În acest scop, au fost definite încă de la începutul existenței SEN, prin Ordin M.E.E., perioadele considerate drept ore de vîrf de sarcină.

După interconectarea SEN cu sistemele energetice ale altor țări membre ale CAER, precizarea orelor de vîrf a servit și pentru coordonarea activității energetice cu celelalte sisteme.

În prezent sînt valabile pentru perioada de vîrf de seară orele menționate în tabelul 3.

Tabelul 3

Lunile	Orele de vîrf seara
Ianuarie, Februarie, Noiembrie, Decembrie	17—22
Martie, Octombrie	18—22
Aprilie, Septembrie	19—22
Mai, August	20—22
Iunie, Iulie	21—22

Reglementarea acestor ore are un impact major asupra marilor consumatori de energie electrică și deci asupra consumului în general, pe două căi principale:

a. Prin clauzele contractuale ce prevăd limitarea puterilor maxime ce pot fi absorbite de către fiecare consumator în perioadele de vîrf de sarcină și în afara acestora. Astfel contractele de furnizare a energiei electrice, care se încheie de către furnizor cu fiecare mare consumator industrial, prevăd, pe baza unor analize detaliate, puterile maxime pe care consumatorul se angajează să nu le depășească; de regulă, puterile maxime astfel contractate pentru perioada vîrfului sînt mai mici decît cele contractate pentru restul zilei. Încălcarea acestor prevederi contractuale atrage după sine, în conformitate cu prevederile decretului pentru stabilirea tarifelor la energia electrică (dec. nr. 240/1982), majorări de 200% asupra plăților pentru puterea absorbită.

b. Prin prevederile sistemului tarifar pentru energia electrică, în care se prevede utilizarea unor prețuri diferențiate după perioadele zilei: în perioada de vîrf și în afara acesteia. Astfel sistemul tarifar în vigoare prevede o diferențiere substanțială a prețurilor pentru putere și energie în perioadele de vîrf în raport cu restul zilei. Raportul între prețul la vîrf și în afara vîrfului, pentru diferitele categorii tarifare, este prezentat în tabelul 4.

Presiunea exercitată de complexul de măsuri de aplatisare a consumului, dintre care au fost amintite cele mai importante, a creat condițiile pentru a se ajunge la situația actuală.

2. Analiza oportunității completării actualelor prevederi ce concură la aplatisarea vîrfului de sarcină în SEN

În actualele condiții dificile de funcționare a SEN, în special în perioadele de iarnă, pot fi așteptate situații în care să fie necesară restrîn-

Tabelul 4

Categoria tarifară de tensiune	Tarife tip binom		Tarif monom (energie)
	putere	energie	
Joasă tensiune	2,46	3,46	2,78
Medie tensiune	2,44	2,78	2,73
Înaltă tensiune	2,35	2,78	2,65

gerea necesarului de vîrf din sistem, chiar şi sub valorile deja realizate.

În aceste condiţii se consideră oportun a analiza posibilităţile de a efectua — prin măsuri adecvate — noi presiuni asupra consumatorilor, astfel încît interesele lor în direcţia consumului în perioada vîrfului de seară să coincidă cu interesul general al sistemului — de a putea face faţă, cu instalaţiile disponibile, solicitării de vîrf a ansamblului consumatorilor.

Faţă de complexele de măsuri deja puse în practică pentru a obţine rezultatele menţionate, examinarea practicilor din alte ţări şi sisteme nu a permis să se evidenţieze măsuri cu eficacitate verificată, care încă nu au fost luate în considerare în ţara noastră.

Examinarea cercului de idei ce ar putea concura la realizarea scopului menţionat, atrage atenţia asupra unei măsuri posibile, încă neaprofundate în vederea aplicării : diferenţierea în cadrul perioadei de vîrf definite şi aplicate în prezent, a unei perioade mai scurte, în care majorarea tarifării consumului să ducă la cointeresarea consumatorilor în reducerea consumului în această perioadă (chiar dacă acest consum se va regăsi în alte perioade ale zilei, în afara vîrfului), cu implicitul efect al reducerii necesarului puterii de vîrf pe sistemul energetic.

În afara acestei măsuri nu au fost depistate alte posibilităţi raţionale; în această situaţie la dispoziţia conducerii sistemului rămîne în continuare posibilitatea unei accentuări a disciplinei de consum, însoţită de mărirea presiunii asupra reducerii consumului în perioada actuală de vîrf, prin intermediul instrumentelor deja utilizate : stabilirea prin contracte a unor plafoane de consum în timpul vîrfului, corespunzătoare disponibilităţilor reduse ale sistemului şi accentuarea măsurilor de constrîngere, în cazul nerespectării acestor plafoane.

În cele ce urmează, va fi examinată măsura posibilă evidenţiată mai sus : diferenţierea unei perioade de „vîrf al vîrfului".

3. Analiza posibilităţilor de utilizare a unei perioade de „vîrf al vîrfului"

Din tabelul 3 se poate constata că durata vîrfului, luată în considerare în actele normative, variază în cursul anului între o oră şi cinci ore, vîrful cu durată mai mare de patru ore avînd o durată de şase luni pe an. Ca urmare, măsura de a utiliza un „vîrf al vîrfului" are aplicabilitate peste şase luni pe an.

Ca urmare, în cele ce urmează vor fi analizate diversele aspecte concrete pe care le ia aplicarea practică a acestei măsuri, astfel încît să se creeze baza de informaţii necesară adoptării unei decizii cu privire la aplicarea sa în cadrul SEN. Printre principalele aspecte ce vor fi studiate se numără :

— posibilităţile de măsurare a consumului în noua zonă de timp creată;

— efecte aşteptate de pe urma introducerii măsurii; durata noii zone pe luni în cursul anului;

— riscuri asumate prin introducerea măsurii.

3.1. *Analiza formei zonei de vîrf a curbei în lunile anului 1981*

În scopul clarificării acestor aspecte a fost efectuată analiza detaliată a zonelor de vîrf tarifar din fiecare lună a anului. Au fost luate în considerare zonele de vîrf ale curbelor medii decadale din decada a doua a fiecăreia din cele douăsprezece luni ale anului 1981. A fost evitată utilizarea de curbe medii lunare, datorită faptului că acestea sînt mai plate, astfel că rezultatele obţinute ar fi putut fi alterate la aplicarea asupra unor curbe zilnice reale.

Valorile de puteri orare utilizate au fost în prealabil corectate în funcţie de frecvenţă, fiind raportate la $f = 50$ Hz.

În figura 3 şi în tabelul 5 sînt prezentate situaţiile vîrfului de sarcină în cele douăsprezece luni ale anului. Analiza acestor situaţii arată că într-o serie de cazuri, în special în lunile trim. I şi trim. IV, poate fi luată în discuţie introducerea „vîrfului în vîrf". În acelaşi timp, în lunile de vară, în special mai-august, această iniţiativă nu este oportună, datorită, în primul rînd, duratei restrînse a vîrfului în ansamblu.

Pentru a se crea posibilităţile de analiză mai detaliată, în figura 3 se prezintă şi curbele clasate ale puterilor din zona de vîrf. Traducerea cantitativă a acestor diagrame, prezentată în tabelul 6, permite să se constate care este reducerea de putere ce poate fi aşteptată dacă introducerea măsurii „vîrf în vîrf" este încununată de succes (prezentare în unităţi relative la puterea maximă medie de vîrf din fiecare perioadă).

Examinarea datelor prezentate în tabelul 6 permite să se constate că stabilirea duratei „vîrfului în vîrf" de o oră permite să se aştepte o reducere a puterii în lunile trim. IV—I de 0,3—2,1 %; durata de două ore permite să se aştepte o reducere de 0,6—3,2 %, iar durata de trei ore — 1,8—7,8 % din puterea maximă medie a lunii respective. O durată a „vîrfului în vîrf" de peste trei ore nu poate fi luată în discuţie, deoarece astfel ar dispare raţiunea de a fi a vîrfului în accepţiunea sa actuală.

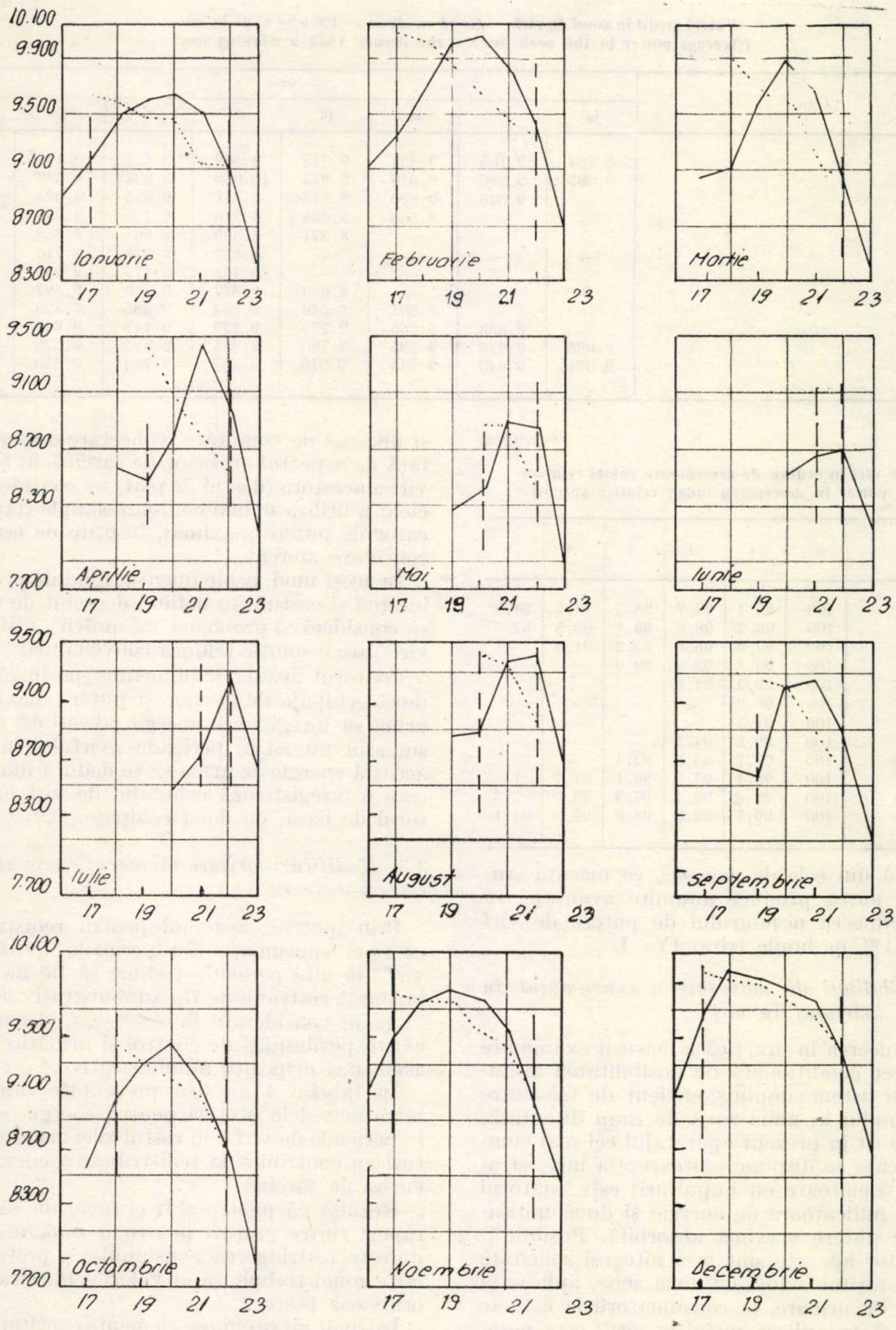


Fig. 3. Zonele de vîrf ale curbelor de sarcini medii din a doua decadă a fiecărei luni a anului 1981 : — curba cronologică a puterilor în perioada de vîrf ; ... curba ordonată descrescătoare a puterilor în aceeaşi perioadă ; || zona de vîrf în luna respectivă.

(Peak zones of the average load curves during the second decade of every month of 1981 : — the chronological curve of the power during the peak period ; ... descending ordinate power curwe during the same period ; //peak zone during the respective month)

Tabelul 5

Puteri medii în zona de vîrf — decada a doua — 1981 — zi de lucru
(Average power in the peak zone — the decade 1981 a working day)

LUNA	ORA							
	16	17	18	19	20	21	22	23
Ianuarie	8.854	9,105	9.431	9.545	9.599	9.471	9.110	8.417
Februarie	9.087	9.286	9.649	9.972	10.038	9.838	9.389	8.583
Martie	—	9.046	9.090	9.545	9.858	9.655	9.024	8.345
Aprilie	—	—	8.558	8.498	8.810	9.449	9.048	8.126
Mai	—	—	—	8.271	8.399	8.864	8.859	7.959
Iunie	—	—	—	—	8.532	8.648	8.710	8.161
Iulie	—	—	—	—	8.465	8.677	9.203	8.641
August	—	—	—	8.853	8.877	9.350	9.397	8.668
Septembrie	—	—	8.601	8.546	9.204	9.235	8.823	8.151
Octombrie	—	8.538	9.065	9.275	9.429	9.143	8.648	8.815
Noiembrie	9.036	9.446	9.735	9.790	9.751	9.523	9.023	8.372
Decembrie	9.071	9.643	9.941	9.916	9.867	9.744	9.359	8.636

Tabelul 6

Puteri de vîrf în ordine descrescătoare valori relative
(Peak power in descending order, relative values)

Ora	0	1	2	3	4	5
Ianuarie	100	99,4	98,7	98,2	94,9	91,9
Februarie	100	99,3	98,0	96,1	93,5	92,5
Martie	100	97,9	96,8	92,2	91,5	—
Aprilie	100	95,8	93,2	89,9	—	—
Mai	100	99,9	91,8	—	—	—
Iunie	100	99,3	—	—	—	—
Iulie	100	94,3	—	—	—	—
August	100	99,5	94,5	—	—	—
Septembrie	100	99,7	95,5	92,5	—	—
Octombrie	100	98,4	97,0	96,1	91,7	1—
Noiembrie	100	99,6	99,4	97,3	96,5	92,3
Decembrie	100	99,7	99,3	98,0	97,0	94,1

Rezultă din cele de mai sus, că măsura studiată ar putea produce anumite avantaje, în sensul reducerii necesarului de putere de vîrf cu 0,3—4% în lunile trim. IV—I.

3.2. *Posibilități de măsurare a consumului în perioada „vîrfului în vîrf"*

Introducerea în practică a măsurii examinate este direct condiționată de posibilitatea asigurării unui sistem simplu și eficient de măsurare a consumului în noua zonă de timp discutată.

Se știe că în prezent aparatajul cel mai complex de care se dispune (cu excepția înregistratoarelor-sumatoare cu impulsuri) este contorul cu două indicatoare de energie și două indicatoare de putere maximă absorbită. Posibilitățile acestor aparate sînt însă integral solicitate de către tariful binom cu două zone, aplicat în prezent. Ca urmare, la consumatorii la care se dorește să se aplice „vîrful în vîrf" este necesar să se instaleze aparate de măsură suplimentare.

Deși în principiu este necesară instalarea unui echipament complet: contor cu un indicator de energie, un indicator de putere maximă și un ceas de comutare (conectare-deconectare) față de aspectul curbelor de sarcină în zona de vîrf a acestora (destul de plat) se consideră suficient a utiliza numai contoare simple (fără indicator de putere maximă), însoțite de ceasul de conectare aferent.

În acest mod, echipamentul fiind de producție internă și costul său nefiind deosebit de ridicat, se consideră că problema măsurării „vîrfului în vîrf" are o soluție tehnică convenabilă.

Contorul instalat suplimentar (pe lîngă cel cu două echipaje de energie și putere maximă) ar urma să înregistreze energia absorbită de consumator numai în perioada „vîrfului în vîrf"; această energie ar urma să se deducă din cea pe care o înregistrează echipajul de vîrf din contorul de bază, cu două echipaje.

3.3. *Modificări tarifare necesare; efecte așteptate, riscuri asumate*

Prin ipoteză, sistemul pentru redistribuirea energiei consumate din perioada „vîrfului în vîrf" în alte perioade trebuie să fie de natură tarifară; restricții de tip administrativ nu pot fi luate în considerare în acest caz, deoarece nu există posibilități de control și urmărire a unor asemenea dispoziții administrative.

În tabelul 4 au fost prezentate raporturile între actualele prețuri pentru energia electrică în perioada de vîrf și în restul zilei; aceste raporturi au contribuit la redistribuirea energiilor în curba de sarcină.

Rezultă că pentru a fi eficace, un asemenea raport (între prețuri pentru o zonă în care se dorește restrîngerea consumului și prețul celorlalte zone) trebuie să ia valori semnificative, în orice caz peste 2.

Întrucît nu se cunosc elemente cantitative care să permită stabilirea analitică a acestui raport și față de cele de mai sus, se ia în considerare ca raport posibil între prețul energiei electrice în perioada „vîrfului în vîrf" și prețul actual, valoarea 2.

Cum domeniul de aplicare al măsurii studiate este practic numai consumul marilor consumatori de înaltă tensiune, singurul care ar putea justifica efortul suplimentar al personalului de exploatare-întreținere în legătură cu măsurarea-decontarea, se consideră ca preț recomandant pentru „vîrful în vîrf" la înaltă tensiune, valoarea de 1,50 lei/kWh, prețul pentru putere rămînînd neschimbat.

Prețul astfel stabilit servește numai pentru reducerea puterii de instalat în viitor și pentru ușurarea presiunii asupra puterii în funcțiune: ca urmare nu poate fi făcută vreo legătură directă cu costuri suplimentare actuale, deși acestea există pentru asigurarea alimentării consumatorilor în condiții grele.

Activitatea de propagandă, care trebuie să însoțească aplicarea măsurii discutate, trebuie să aibă scopul de a determina consumatorii să nu-și sporească cheltuielile cu energia electrică, luînd măsuri corespunzătoare pentru redistribuirea energiei absorbite în vîrf.

În anexă este prezentat un calcul simplu, bazat pe informațiile existente în prezent, care estimează deplasările de energie și reducerea de putere absorbită la vîrf, ca urmare a măsurilor pe care consumatorii le-ar putea lua spre a nu-și majora factura pentru energie electrică în cazul aplicării unui tarif special pentru „vîrful în vîrf".

Rezultatele obținute pentru cazul studiat în anexă arată că:

— puterea de așteptat a fi redusă prin măsura prezentată depinde practic numai de durata „vîrfului în vîrf" (vv);

— în cazul în care consumatorul nu ia nici o măsură de redistribuire a energiei, factura sa crește cu peste 10%, creșterea fiind proporțională cu durata vv;

— cantitatea de energie ce trebuie deplasată din vîrf pentru a elimina creșterea prețului energiei este de peste 25% din conținutul zonei de vîrf inițiale și depinde de asemenea de durata vv.

În aceste condiții, în care eficacitatea măsurii sporește odată cu mărirea duratei zonei vv, apare ideea legitimă de a aplica măsura asupra zonei de vîrf actuale, fără a mai introduce complicații suplimentare în măsurare și decontare.

De altfel, în cursul studierii acestei probleme a apărut și riscul ca fiecare consumator confruntat cu necesitatea deplasării energiei din zona de „vîrf al vîrfului", să deplaseze această energie în zonele imediat vecine, zone de vîrf în accepțiune actuală, obținînd o reducere tarifară, dar influențînd negativ, în mod imprevizibil, creșterea puterii de vîrf reale.

Acest risc este cu atît mai grav cu cît acționează împotriva tendinței principale, de a reduce necesarul puterii de vîrf și cu cît nu se cunoaște în prezent vreo modalitate de control spre a-l evita.

4. Concluzii și recomandări în legătură cu „vîrful în vîrf"

Din constatările făcute cu ocazia examinării posibilităților de utilizare a unei zone de vîrf restrînse „vîrf în vîrf" pentru stimularea consumatorilor să-și reducă solicitarea de putere în orele de vîrf a sistemului energetic, rezultă următoarele:

A. Măsura preconizată ar putea fi aplicată circa 6—8 luni pe an; excepție fac lunile de vară, în care durata vîrfului este de 1—2 ore.

B. Sistemul de măsurare a energiei necesar aplicării măsurii studiate este relativ simplu și nu prezintă costuri exagerate; se consideră suficientă suplimentarea (peste sistemul de măsurare cu două echipaje de putere și energie) cu un echipaj de măsurare cu energie cu ceasul de comutare aferent.

C. Întocmirea decontului cu consumatori se complică față de situația actuală, dar nu este de natură a împiedica aplicarea măsurii preconizate.

D. Avantajele ce pot fi obținute prin aplicarea „vîrfului în vîrf" sînt proporționale cu durata noului vîrf și se estimează reduceri de pînă la 0,3—4% din puterea de vîrf inițială, în cazul cooperării active a tuturor consumatorilor afectați.

În mod paradoxal aceste avantaje se maximizează pentru cazul în care durata noului „vîrf în vîrf" devine egală cu durata vîrfului în accepțiune actuală.

E. În cazul în care durata „vîrfului în vîrf" este inferioară duratei vîrfului actual, apare riscul ca energia dislocată să fie redistribuită nu numai în zona din afara vîrfului, dar și în zonele vîrfului actual, necuprinse în „vîrful în vîrf".

Ca urmare există riscul — ce nu poate fi combătut cu nici o măsură cunoscută — că puterea maximă de vîrf să sporească în loc să se reducă, deplasîndu-se în aceleași timp în alte zone ale vîrfului decît cele în care apare în prezent.

F. Față de cele constatate, apare periculos și insuficient de eficient să se recomande utilizarea practică a măsurii introducerii unui „vîrf în vîrf" pentru reducerea puterii de vîrf în SEN.

Din cele studiate rezultă ca posibilitate de influențare suplimentară a consumatorilor numai posibilitatea de a trece la măsuri mai drastice pentru restrîngerea participării marilor consumatori la vîrful SEN în forma sa actuală:

— majorarea raportului între prețul energiei la vîrful SEN și în afara vîrfului;

— accentuarea reducerii participării fiecărui consumator la vîrful sistemului, prin micșorarea cotei de participare prevăzute în contractul de furnizare, care se încheie periodic;

— majorarea penalizărilor pentru depășirea prevederilor contractuale;

— introducerea unui sistem eficient computerizat de urmărire a încadrării consumatorilor în valorile de consemn stabilite (atît ca puteri, cît și ca energii).

ANEXA

Calcul pentru estimarea unor reduceri de putere și energie electrică la vîrful SEN în condițiile introducerii unui tarif special pentru „vîrful în vîrf"

Ipoteze de calcul:

1. Energia deplasată de un consumator din vîrful sistemului în afara acestuia influențează vîrful pe sistem în concordanță cu curba clasată a acestuia.

2. Curba clasată a zonei de vîrf se consideră lineară cu parametrii:

Ora zero — $P = 1$

Ora cinci — $P = 0{,}95$

De aici rezultă gradul de umplere al curbei în zona de vîrf, care definește relația putere-energie în această zonă.

3. Energia redusă în vîrf se consideră uniform distribuită în vîrf, ca și în zona din afara vîrfului, în care este deplasată.

4. Parametrii consumatorului ipotetic testat sînt:

Putere la vîrf SEN: 1 kW

Putere în afara vîrfului: 1,2 kW

Coeficient de umplere a curbei în perioada de calcul: în zona de vîrf: 95%; în restul zilei: 85 %.

5. Durata „vîrfului în vîrf" (vv) se consieră în două variante: două ore (A) și trei ore (B).

Din informațiile de mai sus rezultă că consumatorul absoarbe în luna de calcul (lună de iarnă cu 720 ore);

$$E_{vîrf}: 1 \text{ kW} \times \frac{5}{24} \times 720 \times 0{,}95 = 142{,}5 \text{ kWh}$$

$$E_{afara\ vîrf}: 1{,}2 \text{ kW} \times \frac{24\text{-}5}{24} \times 720 \times 0{,}85 =$$

$$= 581{,}4 \text{ kWh}$$

$$E_{total} = 142{,}5 + 581{,}4 = 723{,}9 \text{ kWh/lună}$$

În conformitate cu actualul tarif, pentru acest consum lunar consumatorul datorează:

Taxă de putere:

$$P_v = 1 \text{ kW} \times \frac{558}{12} = 46{,}5 \text{ lei/lună}$$

$$P_{av} = (1{,}2 - 1) \text{ kW} \times \frac{237}{12} = 3{,}95 \text{ lei lună}$$

Taxa de energie:

$P_v = 142{,}5 \times 0{,}75 = 106{,}88$ lei

$P_{av} = 581{,}4 \times 0{,}27 = 156{,}98$ lei

În total:

$P_p = 50{,}45$ lei; $P_E = 263{,}86$ lei; $P_{total} =$

$= 314{,}31$ lei sau $316{,}31/723{,}9 = 434{,}2$ lei MWh

În cazul introducerii unei noi trepte tarifare la vîrf scurtat, consumatorul ar datora o sumă suplimentară.

Energia aferentă zonei de vîrf scurtat se deduce din integrarea curbei clasate (suprafața trapezului mărginit de curba clasată linearizată).

Curba clasată: $P = 1 - at$,
în care pentru $t = 5$; $P = 0{,}95$

$$a = 10^{-2} \text{ (kW/h)}$$

Rezultă:

A. $t = 2$; $P = 1 - 0{,}02 = 0{,}98$ kW

B. $t = 3$; $P = 1 - 0{,}03 = 0{,}97$ kW

A. $E = \frac{1+0{,}98}{2} 2 \times 30 \times 0{,}974 = 57{,}86$ kWh

B. $E = \frac{1+0{,}97}{2} 3 \times 30 \times 0{,}974 = 86{,}35$ kWh

Taxa de energie datorată, precum și întreaga factură se modifică după cum urmează (varianta A):

$P_v = (142{,}5 - 57{,}86) \times 0{,}75 = 63{,}48$ lei

$P_{vv} = 57{,}86 \times 1{,}5 = 86{,}79$ lei

$P_E = 63{,}48 + 86{,}79 + 156,\ 98 = 307{,}25$ lei

$P_{total} = P_p + P_E = 50{,}45 + 307{,}25 = 357{,}70$ lei

sau: 491,1 lei MWh

Creștere totală de 13,8% la factură.

(Varianta B):

$P_v = (142{,}5 - 86{,}35) \times 0{,}75 = 42{,}11$ lei

$P_{vv} = 86{,}35 \times 1{,}5 = 129{,}53$ lei

$P_E = 42{,}11 + 129{,}53 + 156{,}98 = 328,\ 62$ lei

$P_{tot} = P_p + P_E = 50{,}45 + 328{,}62 = 379{,}07$ lei

sau: 523,6 lei/MWh

Creștere totală de 20,6% la factura inițială.

Pentru a nu plăti aceste sume în plus, consumatorul își restrînge consumul în zona vv, transferîndu-l în afara vîrfului.

Taxa de putere în vîrf rămîne aceeași, dar se reduce taxa de energie pe seama diferenței de preț : 1,50 — 0,27 = 1,23 lei/kWh și apare un oarecare surplus la taxa pentru puterea în afara vîrfului :

$$\Delta P_{av} = \frac{\Delta E}{24 - 5},$$

Ca urmare, în varianta A(vv = 2h);

Δfactură = 357,70 — 314,31 = 43,39 lei

$$\Delta\text{factură} = \Delta E_{vv} \times 1{,}23 - \Delta P_{av} \times \frac{237}{12} =$$

$$= 1{,}23\Delta E + 0{,}02 \times \frac{558}{12} - \frac{\Delta E}{19 \times 30} \times \frac{237}{12} =$$

$$= 1{,}23\ \Delta E - 0{,}03\ \Delta E + 0{,}93 = 1{,}2\Delta E + 0{,}93.$$

Energia necesară a fi transferată va fi așadar :

$$\Delta E = \frac{43{,}39 - 0{,}93}{1{,}2} = 35{,}38 \text{ kWh},$$

sau aproximativ 62% din totalul zonei de vîrf în vîrf.

În varianta B (vv = 3 h)

Δfactură = 379,07 — 314,31 = 64,76 lei

$$\Delta E = \frac{64{,}76 - 1{,}4}{1{,}2} = 52{,}8 \text{ kWh}$$

sau aproximativ 62,5% din totalul zonei *vv*.

În ambele cazuri puterea redusă la vîrf depinde numai de durata zonei vv.

Economia de energie electrică — preocupare permanentă a proiectanților din industria chimică

Ing. Fl. Ciurel, ing. I. D. Suceveanu, ing. E. Covar, ing. M. Smilovici, ing. A. Nicolae*

Energia electrică este adesea o formă intermediară de energie care nu este consumată ca atare în procesele tehnologice, ci este transformată în energie mecanică, termică, chimică,luminoasă etc. Din energia electrică generată în centralele sistemului energetic național circa 6% se pierde în rețelele de transport pînă la consumatorii industriali, iar circa 3% se pierde în rețelele de distribuție ale consumatorului.

Circa 12—15% din energia electrică primită de consumator se pierde în motoarele electrice ale sistemelor de acționare a diverselor utilaje : pompe, ventilatoare, suflante, sisteme de agitare, sisteme de transport ale produselor și materiilor prime, mașini unelte etc. La rîndul lor, utilajele acționate de electromotoare, funcționează cu un randament cuprins într-un domeniu larg de valori, de la 20% la 80% și prin urmare o mare parte din energie se pierde în acestea.

Ținînd seama de randamentele la transportul și distribuția energiei electrice, precum și de cele ale motoarelor electrice de acționare și ale mașinilor de lucru se poate aprecia un randament global de circa 50%. Altfel spus, pentru o unitate de energie utilă se produc în centralele electrice două unități de energie electrică. Dacă vom lua în considerare și randamentul global al centralelor electrice, inclusiv consumurile de energie pentru extragerea și transportul combustibilului, rezultă ca necesare 16—18 unități de energie înmagazinată în combustibili pentru o singură uitate de energie utilă.

Față de cele de mai sus, din punctul de vedere al consumatorului de energie electrică rezultă că economia de energie electrică implică gospodărirea cu eficiență maximă a energiei utile și funcționarea mașinilor de lucru la un randament cît mai ridicat, bineînțeles fără a neglija reducerea pierderilor la transportul și distribuția energiei electrice sau utilizarea la un randament cît mai bun a electromotoarelor.

În cele ce urmează se prezintă cîteva soluții de economisire a energiei în industria chimică, care pot fi aplicate și în alte ramuri industriale.

1. Soluții economice din punct de vedere energetic pentru transportul lichidelor

În mod uzual, în industria chimică se transferă lichide dintr-un vas în altul, vasele aflîndu-se la înălțimi diferite (fig. 1). Pentru ușurința demonstrației se consideră vasele 1 și 2 identice, lichidul avînd nivelul inițial I în vasul 1 și aceeași înălțime I în vasul 2, la sfîrșitul transvazării.

Energia utilă este definită ca energia strict necesară pentru obținerea efectului dorit — aducerea lichidului din vasul 1 în vasul 2 cu aju-

* Fl. Ciurel este ing. proiectat pr. gr. I, șef Secție instalații electrice, la Institutul de inginerie tehnologică și proiectare pentru industria chimică, I. D. Suceveanu, E. Covar, M. Smilovici și A. Nicolae sînt ing. proiectanți pr. gr. III la același institut.

torul pompei P – pentru care trebuie învinse forțele de gavitație și forțele de frecare.

Energia E_G necesară învingerii forțelor de gravitație este egală cu energia potențială înmagazinată în lichidul de greutate G_L, ridicat de pompă la înălțimea h_r, conform relației (1),

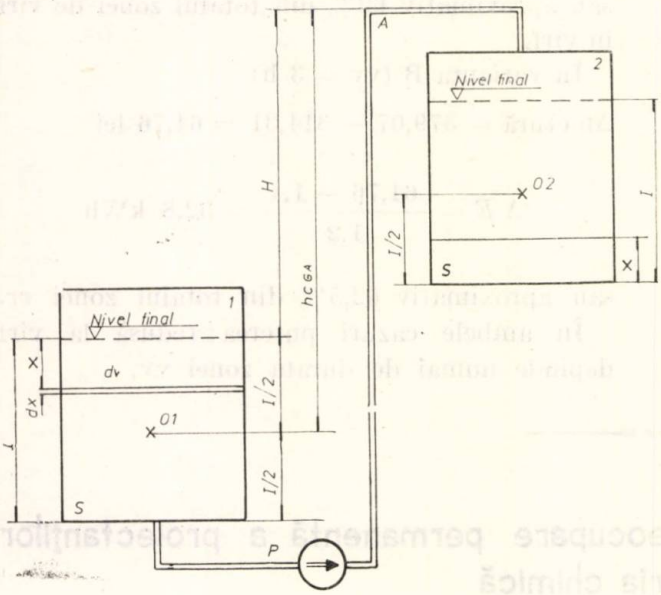


Fig. 1.

în care dG este greutatea unui volum elementar dV de lichid cu înălțimea dx și suprafața S egală cu cea a fundului fiecăruia din cele două vase.

$$E_G = \int_0^{G_L} h_r \, dG. \tag{1}$$

Dacă γ este greutatea specifică a lichidului se poate scrie:

$$E_G = \int_0^{V_L} h_r \, \gamma \, dV = \int_0^{X} h_r \, \gamma S . dx. \tag{2}$$

De regulă, lichidul se introduce în vasul 2 pe la partea superioară (ca în figura 1) și prin urmare acesta este pompat pînă la înălțimea punctului A, de unde curge liber în vasul 2. În acest caz energia utilă E_{GA} este dată de relația (2), în care se înlocuiește înălțimea de ridicare cu valoarea corespunzătoare:

$$E_{GA} = \int_0^I (H + x)\gamma \, S \cdot dx = \gamma \, S \cdot \left(HI + \frac{I^2}{2} \right) =$$

$$= \gamma \, SI \cdot \left(H + \frac{I}{2} \right). \tag{3}$$

Dar greutatea lichidului transvazat este:

$$G_L = \gamma SI \tag{4}$$

și atunci:

$$E_{GA} = G_L \cdot \left(H + \frac{I}{2} \right). \tag{5}$$

Deoarece $H + \frac{I}{2}$ reprezintă înălțimea punctului A față de centrul de greutate O_1 al vasului 1 rezultă că relația (5) se poate scrie funcție de înălțimea h_{CGA} de ridicare a centrului de greutate astfel:

$$E_{GA} = G_L \cdot h_{CGA}, \tag{6}$$

unde:

$$h_{CGA} = H + \frac{I}{2}. \tag{7}$$

În cazul din figura 2, în care introducerea lichidului se face pe la partea inferioară a vasului 2, înălțimea de pompare devine diferența de nivel dintre suprafețele libere ale lichidului în cele două vase la momentul respectiv, în loc de diferența de nivel dintre punctul A și suprafața liberă a lichidului din vasul 1, cum este în figura 1.

Energia utilă la utilizarea traseului B este:

$$E_{GB} = \int_0^I (H_1 + 2x) \; \gamma S \cdot dx = \gamma S \cdot (H_1 I + I^2) = \gamma SI \cdot (H_1 + I), \tag{8}$$

sau:

$$E_{GB} = G_L \cdot (H_1 + I) = G_L \cdot h_{CGB} \tag{9}$$

unde:

$$h_{CGB} = H_1 + I. \tag{10}$$

Comparînd relațiile (5) și (9) se observă cu ușurință că se va realiza o economie de energie ΔE_G utilizînd traseul B, cu introducerea lichidului pe la partea inferioară a vasului 2.

$$\Delta E_G = E_{GA} - E_{GB} = G_L \cdot h_{CGA} - G_L \cdot h_{CGB} = G_L \cdot (h_{CGA} - h_{CGB}) \tag{11}$$

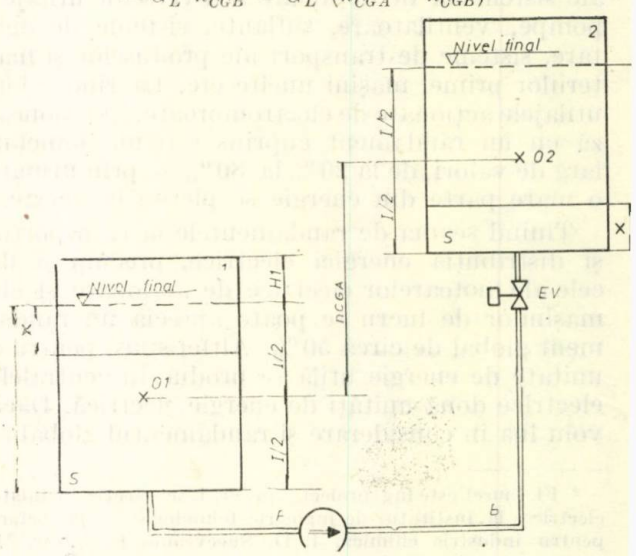


Fig. 2.

Rezultă că cea mai economică soluție de pompare a lichidului din vasul 1 în vasul 2 este aceea cu introducerea lichidului pe la fundul vasului 2. Evident, pentru a împiedica lichidul să revină în vasul 1, se montează electroventilul EV care se închide automat la atingerea nivelului I și la oprirea pompei P. Cheltuielile necesare instalării electroventilului sînt rapid amortizate de economia de energie care se realizează prin această soluție.

În cazul particular în care cele două vase sînt montate la același nivel (fig. 3 și 4), centrele de greutate O_1 și O_2 se află la aceeași înălțime. Pînă la atingerea nivelului $\frac{I}{2}$ în ambele vase nu este necesar un aport energetic din afara sistemului, egalizarea nivelelor făcîndu-se prin curgere liberă. Prin urmare energia utilă în acest caz este numai aceea necesară pentru transvazarea a jumătate din volumul de lichid al cărui centru de greutate este ridicat de la înălțimea $\frac{I}{4}$ la înălțimea $\frac{3I}{4}$.

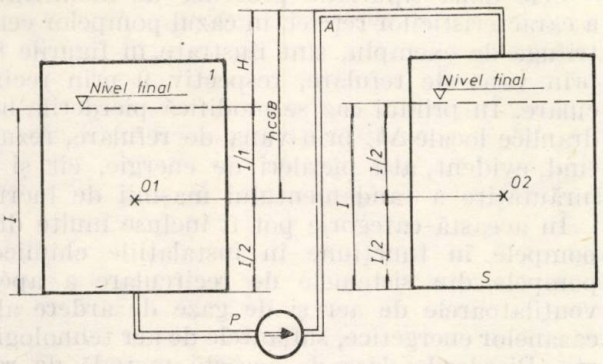


Fig. 3.

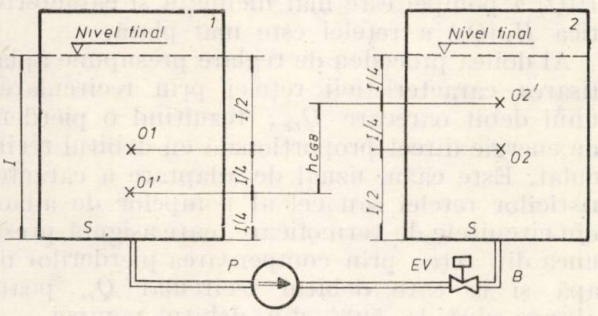


Fig. 4.

Energiile E_{GA} și E_{GB} corespunzătoare sînt:

$$E_{GA} = G_L \cdot \left(H + \frac{I}{2}\right) \quad \text{(vezi relația 5)}$$

și

$$E_{GB} = \frac{G_L I}{4}. \qquad (12)$$

Din raportul:

$$\frac{E_{GA}}{E_{GB}} = \frac{4H}{I} + 2 \qquad (13)$$

rezultă

$$\frac{E_{GA}}{E_{GB}} > 2 \qquad (14)$$

și prin urmare economia de energie în soluția din figura 4 este de cel puțin 50%.

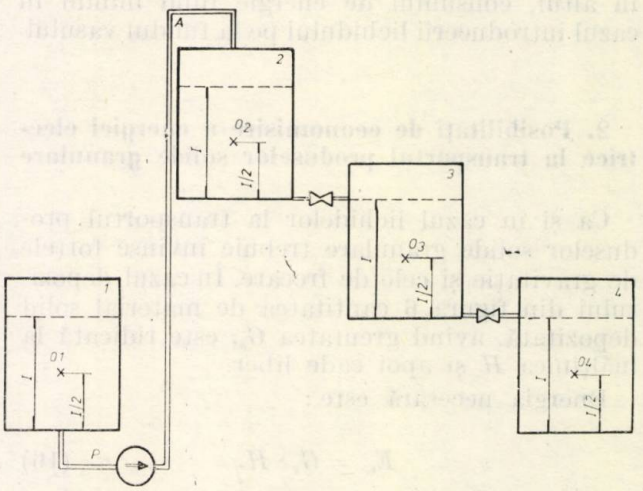


Fig. 5.

Energia necesară învingerii forțelor de frecare E_f depinde de debitul lichidului și de rezistența hidrodinamică a rețelei. Transvazarea unui volum de lichid se realizează cu o energie E_f mai mică la un debit mai mic, cu toate că operația necesită, în mod evident, o durată mai mare. Rezistența hidrodinamică a rețelei depinde de diametrul și lungimea conductelor. Prin urmare lungimea conductelor trebuie să fie cît mai mică posibil, iar debitul de lichid să fie stabilit la valoarea minimă, astfel încît să fie utilizată întreaga durată pe care procesul tehnologic o permite pentru umplerea vasului respectiv.

O altă situație întîlnită în industria chimică este aceea a cascadelor de vase (fig. 5), în care lichidul este pompat în vasul 2 și apoi curge liber în vasele 3 și 4. Analizînd această soluție în varianta cea mai economică, cu nivelul final al vasului 3 la nivelul fundului vasului 2, astfel încît înălțimea de ridicare să fie minimă, se constată că la curgerea lichidului din vasul 2 în vasul 3 centrul de greutate G_L se deplasează pe diferența de nivel dintre punctele O_2 și O_3 egală cu I. Energia corespunzătoare acestei deplasări este:

$$E_G = G_L \cdot I \qquad (15)$$

și a fost dezvoltată de pompa P la transvazarea lichidului din vasul 1 în vasul 2.

Comparînd relațiile (15) și (12) se constată că energia consumată în cazul cascadelor de vase (vezi figura 5) este de patru ori mai mare decît în cazul amplasării la același nivel a vaselor

(vezi figura 4) și de aproape două ori mai mare decît în cazul din figura 3.

Rezultă în mod evident că, din punctul de vedere al consumului de energie, cascadele de vase cu curgere liberă nu sînt economice în raport cu montajul de vase amplasate la același nivel și cu pomparea lichidului dintr-un vas în altul, consumul de energie fiind minim în cazul introducerii lichidului pe la fundul vasului

2. Posibilități de economisire a energiei electrice la transportul produselor solide granulare

Ca și în cazul lichidelor la transportul produselor solide granulare trebuie învinse forțele de gravitație și cele de frecare. În cazul depozitului din figura 6 cantitatea de material solid depozitată, avînd greutatea G_s, este ridicată la înălțimea H și apoi cade liber.

Energia necesară este :

$$E_G = G_s \cdot H. \qquad (16)$$

Deoarece în cadrul operației de golire materialul este preluat de la baza depozitului, întreaga energie E_G se pierde. De aceea, pentru economisirea energiei este util ca înălțimea depozitului să fie redusă și mărită suprafața bazei, pentru a putea depozita aceeași cantitate de material, ca în exemplul din figura 7.

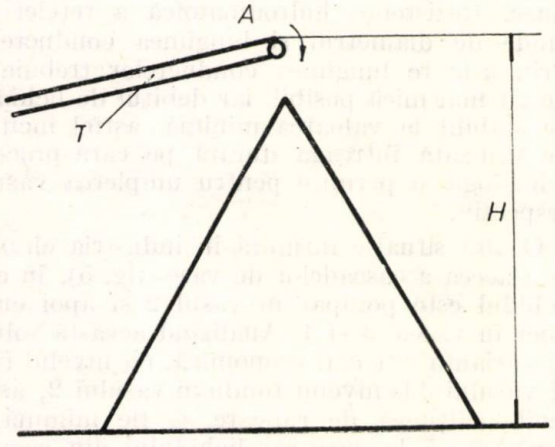


Fig. 6.

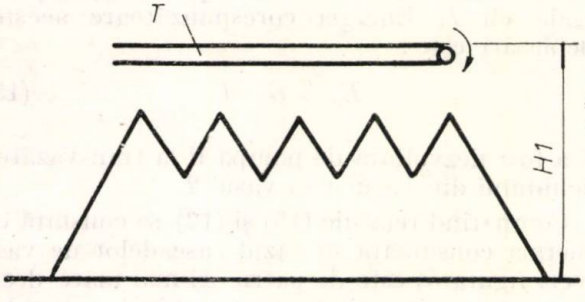


Fig. 7.

3. Economisirea energiei prin reglarea turației cu convertizoare statice de frecvență

O altă modalitate de gospodărire eficientă a energiei se poate obține prin utilizarea reglajului turației motoarelor asincrone prin modificrea frecvenței și amplitudinii tensiunii de alimentare cu ajutorul convertizoarelor statice de frecvență.

Foarte multe din mașinile de lucru cu caracteristică mecanică de tip ventilator (pompe centrifuge, suflante, ventilatoare, compresoare etc.) funcționează la turație constantă, dar din considerente impuse de procesul tehnologic sînt necesare modificări ale parametrilor de ieșire. În mod uzual aceste reglaje, de exemplu ale debitului sau presiunii pe conductele de refulare ale pompelor și ventilatoarelor, se obțin cu ventile regulatoare, blinduri calibrate, clapete sau prin recircularea unei părți din fluidul vehiculat. Aceste procedee introduc pierderi de energie care cresc direct proporțional cu puterile unitare ale mașinilor de lucru și cu mărimea gamei de reglaj a parametrilor în cauză.

Cele două tipuri de procedee de modificare a caracteristicilor rețelei, în cazul pompelor centrifuge de exemplu, sînt ilustrate în figurile 8, prin vana de refulare, respectiv 9 prin recirculare. În primul caz se modifică pierderile hidraulice locale Δh_r prin vana de refulare, rezultînd, evident, atît pierderi de energie, cît și o înrăutățire a randamentului mașinii de lucru.

În această categorie pot fi incluse multe din pompele în funcțiune în instalațiile chimice, pompele din sistemele de recirculare a apei, ventilatoarele de aer și de gaze de ardere ale cazanelor energetice, suflantele de aer tehnologic etc. Pierderile date de această metodă de reglare sînt cu atît mai mari cu cît caracteristica $H(Q)$ a pompei este mai înclinată și caracteristica $H_r(Q_r)$ a rețelei este mai plată.

Al doilea procedeu de reglare presupune aplatisarea caracteristicii rețelei prin recircularea unui debit oarecare Q_{rc}, rezultînd o pierdere de energie direct proporțională cu debitul recirculat. Este cazul uzual de adaptare a caracteristicilor rețelei sau cel al pompelor de adaos din circuitele de termoficare, care asigură presiunea din rețea prin compensarea pierderilor de apă și la care debitul recirculat Q_{rc} poate ajunge pînă la 50% din debitul pompei.

Considerînd că energia utilă este numai aceea necesară pentru asigurarea debitului și înălțimii de pompare impuse de procesul tehnologic rezultă că întreaga energie consumată prin majorarea pierderilor hidraulice sau recirculare este o pierdere de energie acceptată în mod deliberat.

Luînd în considerație modul de variație al parametrilor Q și H ai pompei, precum și a puterii motorului de acționare al pompei cu turația, date de relațiile (17), (18) și (19), este evident că cele două procedee de reglare pot

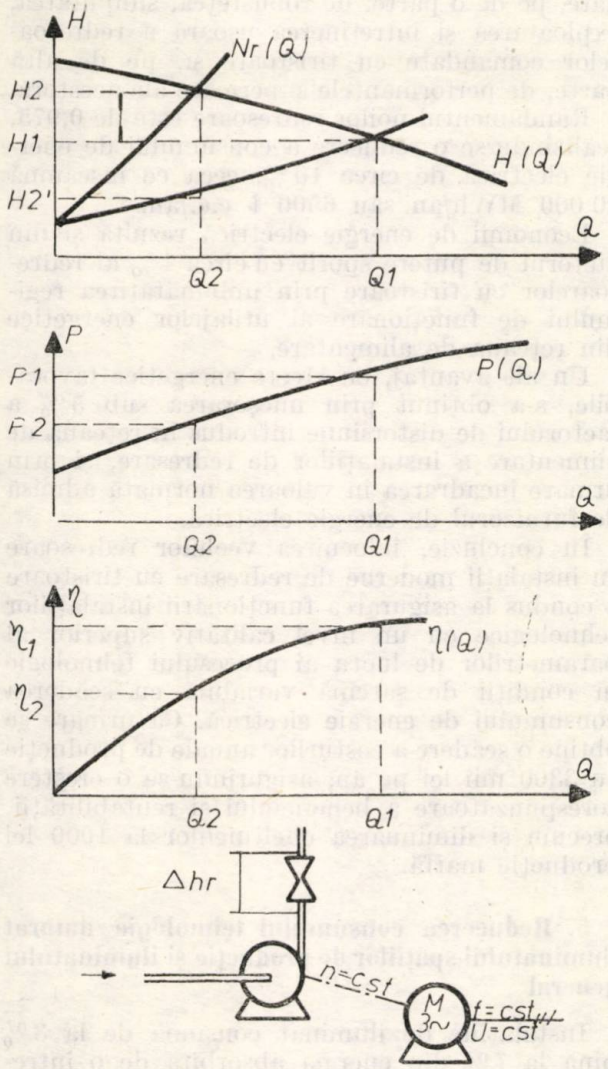


Fig. 8.

fi înlocuite cu reglajul turației motorului de acționare al pompei.

$$\frac{Q_1}{Q_2}=\frac{n_1}{n_2} \quad (17) \qquad \frac{H_1}{H_2}=\frac{n_1^2}{n_2^2}\cdot\frac{1}{2} \quad (18) \qquad \frac{P_1}{P_2}=\frac{n_1^3}{n_2^3} \quad (19)$$

Așa cum se vede din figura 10 reglarea are loc la un randament practic constant, deoarece la turațiile corespunzătoare n_1 și n_2 deși debitele Q_1 și Q_2 sînt mult diferite, randamentele sînt aproximativ egale, eliminîndu-se pierderile de energie evidențiate anterior.

Variația turației motorului asincron de acționare prin modificarea frecvenței și amplitudinii tensiunii de alimentare se obține cu ajutorul convertizoarelor statice de frecvență, a căror utilizare devine cu atît mai avantajoasă cu cît puterea motorului și gama de reglare sînt mai mari. În foarte multe cazuri asociația motor asincron-convertizor static de frecvență este rentabilă a fi utilizată, obținîndu-se un cîștig dublu: randamente sensibil majorate, pe de o parte, automatizare simplă și sigură, cu o

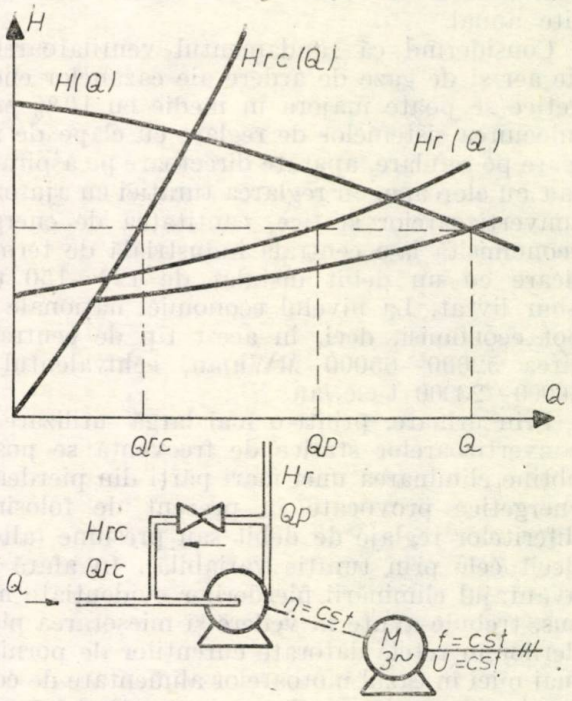


Fig. 9.

inerție extrem de redusă a reglării, pe de altă parte.

Foarte puțin luată în considerare pînă acum, această metodă de economisire a energiei trebuie atent analizată de la caz la caz, de multe ori economiile astfel realizate permițînd amortizarea rapidă a cheltuielilor legate de introducerea convertizoarelor statice de frecvență.

De exemplu, în cazul pompelor de adaos din circuitele de termoficare energia consumată este de circa 30—40 kWh la fiecare 100 Gcal/h livrate în rețea și se poate obține o economie anuală de 1500—2000 MWh la fiecare milion de Gcal livrate, ceea ce reprezintă cazul unei surse cu o putere instalată totală de 500—600 Gcal/h.

Considerînd numai centralele industriale de termoficare de putere mică sau medie, cu o producție anuală la nivelul întregii economii naționale de circa 40 milioane Gcal/an, rezultă posibilitatea economisirii a 60000—80000 MWh/an,

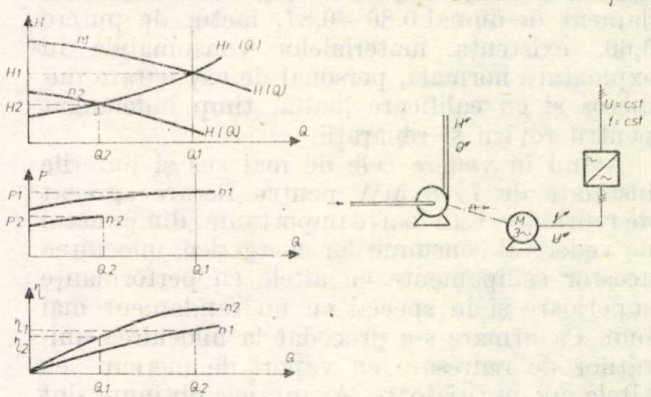


Fig. 10.

echivalentul a 19000—27000 t c.c. economisite anual.

Considerînd că randamentul ventilatoarelor de aer și de gaze de ardere ale cazanelor energetice se poate majora în medie cu 10% prin înlocuirea sistemelor de reglare cu clape de reglare pe refulare, aparate directoare pe aspirație sau cu eleroane, cu reglarea turației cu ajutorul convertizoarelor statice, cantitatea de energie economisită la o centrală industrială de termoficare cu un debit instalat de 120—150 t/h abur livrat. La nivelul economiei naționale se pot economisi, deci, în acest tip de centrale, circa 52000—65000 MWh/an, echivalentul a 16000—23000 t c.c./an.

Prin urmare, printr-o mai largă utilizare a convertizoarelor statice de frecvență se poate obține eliminarea unei mari părți din pierderile energetice provocate în prezent de folosirea diferitelor reglaje de debit sau presiune (altele decît cele prin turație variabilă). În afară de avantajul eliminării pierderilor evidențiate mai sus, trebuie avute în vedere și micșorarea pierderilor în rețele datorate curenților de pornire, mai mici în cazul motoarelor alimentate de convertizoare statice, reglarea automată după program a turației, deci a debitului și presiunii etc.

Rezultă că amortizarea investițiilor necesare, considerată numai pe baza economiilor de energie ce se pot realiza, se face în circa 1—5 ani, funcție de puterea convertizorului, performanțele necesare și regimul de lucru al mașinii acționate.

4. Micșorarea consumurilor de energie electrică prin înlocuirea redresoarelor cu vapori de mercur cu redresoare comandate cu tiristoare

Instalațiile de cracare în arc a gazului metan pentru obținerea acetilenei sînt mari consumatoare de energie electrică; de buna lor funcționare depinde în mare măsură funcționarea altor instalații chimice. Consumul anual de energie electrică al unei asemenea instalații este de peste 20 000 MWh.

Este binecunoscut că procedeul de redresare prin utilizarea redresoarelor cu vapori de mercur are dezavantaje importante, și anume: un randament de numai 0,86—0,87, factor de putere 0,66, existența materialelor consumabile în exploatare normală, personal de exploatare numeros și cu calificare înaltă, timp îndelungat pentru revizii și reparații.

Avînd în vedere cele de mai sus și puterile instalate de 7—8 MW pentru fiecare agregat de redresare, este foarte importantă, din punctul de vedere al consumurilor energetice, înlocuirea acestor echipamente cu altele cu performanțe superioare și în special cu un randament mai bun. Ca urmare s-a procedat la înlocuirea unităților de redresare cu vapori de mercur cu altele noi cu tiristoare. Avantajele obținute sînt date, pe de o parte, de robustețea, simplitatea, exploatarea și întreținerea ușoară a redresoarelor comandate cu tiristoare și, pe de altă parte, de performanțele superioare ale acestora.

Randamentul noilor redresoare este de 0,975, realizîndu-se o reducere a consumului de energie electrică de circa 10%, ceea ce înseamnă 20 000 MWh/an sau 6500 t c.c./an.

Economii de energie electrică rezultă și din factorul de putere sporit cu circa 4% al redresoarelor cu tiristoare prin îmbunătățirea regimului de funcționare al utilajelor energetice din rețeaua de alimentare.

Un alt avantaj, cu efecte energetice favorabile, s-a obținut prin micșorarea sub 5% a factorului de distorsiune introdus în rețeaua de alimentare a instalațiilor de redresare, și prin urmare încadrarea în valoarea normată admisă de furnizorul de energie electrică.

În concluzie, înlocuirea vechilor redresoare cu instalații moderne de redresare cu tiristoare a condus la asigurarea funcționării instalațiilor tehnologice cu un nivel calitativ superior al parametrilor de lucru ai procesului tehnologic în condiții de sarcină variabilă cu scăderea consumului de energie electrică. Ca urmare se obține o scădere a costurilor anuale de producție cu 3300 mii lei pe an, asigurîndu-se o creștere corespunzătoare a beneficiului și rentabilității, precum și diminuarea cheltuielilor la 1000 lei producție marfă.

5. Reducerea consumului tehnologic datorat iluminatului spațiilor de producție și iluminatului general

Instalațiile de iluminat consumă de la 3% pînă la 7% din energia absorbită de o întreprindere industrială, pondere destul de importantă, care subliniază importanța reducerii consumului propriu tehnologic în intalațiile de iluminat. În scopul economisirii energiei electrice se adoptă în proiectele instalațiilor electrice de iluminat soluții și măsuri, dintre care evidențiem:

— asigurarea iluminatului locurilor de muncă prin secționări ale circuitelor de iluminat în scopul de a permite numai funcționarea celor necesare la un moment dat;

— încadrarea nivelurilor de iluminare conform „Normativului republican privind folosirea rațională a energiei electrice la iluminatul artificial și în utilizările casnice".

— realizarea, în aceeași hală de producție, a unor zone cu niveluri diferite de iluminare, corespunzător cerințelor procesului tehnologic;

— introducerea lămpilor cu vapori de mercur și a celor cu vapori de sodiu la iluminatul exterior și al marilor hale;

— reducerea înălțimii de montare a corpurilor de iluminat în hale și alte încăperi, în vederea reducerii puterii instalate, în special în halele

blindate din industria firelor și fibrelor sintetice, industria prelucrării cauciucului și în general la halele monobloc;

— prevederea iluminatului local, la utilaje reducînd corespunzător iluminatul general;

— asigurarea unui iluminat natural corespunzător nivelelor normate.

Toate aceste măsuri și soluții aplicate din faza de proiectare duc la micșorarea puterilor instalate și a consumurilor energetice fără diminuarea confortului vizual în spațiile de producție și permit, în același timp, utilizarea rațională a instalațiilor de iluminat de către personalul de exploatare.

6. Compensarea puterii reactive în rețelele de distribuție uzinale — metodă de reducere a consumurilor proprii tehnologice

Una din căile de conservare a resurselor energetice o reprezintă îmbunătățirea factorului de putere și gospodărirea judicioasă a energiei reactive. Realizarea și menținerea unui factor de putere ridicat contribuie, în general, la micșorarea pierderilor de energie electrică avînd drept consecință creșterea randamentului instalațiilor de transformare și distribuție a energiei electrice din întreprindere, creșterea siguranței în funcționare, utilizarea mai bună a rețelelor electrice prin reducerea puterii aparente cu care sînt încărcate.

Soluțiile de compensare adoptate au în vedere obținerea unei reduceri maxime de pierderi de energie prin instalarea bateriilor de condensatoare cît mai aproape de centrul de consum astfel:

— compensarea individuală pentru fiecare receptor (fig. 11);

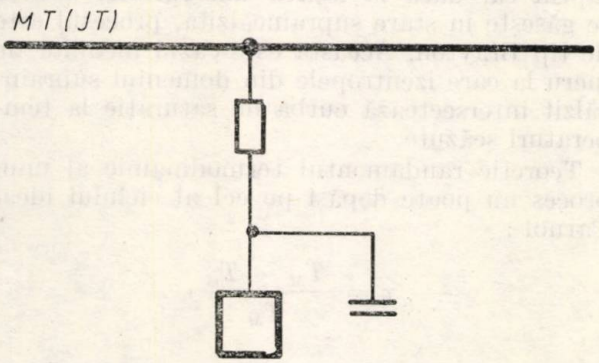


Fig. 11. Compensarea individuală cu baterii de condensatoare derivație montate la receptor.

— compensarea centralizată pe bara de medie tensiune a stațiilor de conexiune de pe platformele uzinale (fig. 12);

— compensarea combinată, pe bara de medie tensiune și pe cele de joasă tensiune ale posturilor de transformare și tablourilor de distribuție importante (fig. 13).

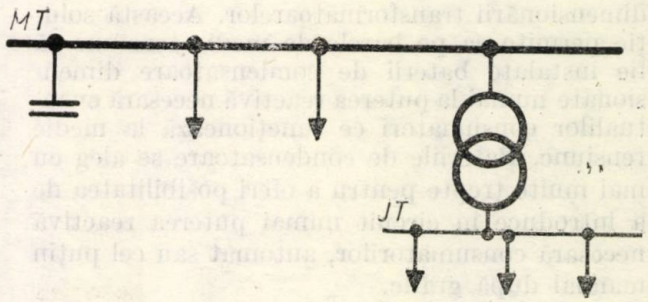


Fig. 12. Compensarea centralizată cu baterii de condensatoare derivație, montate pe bară de medie tensiune.

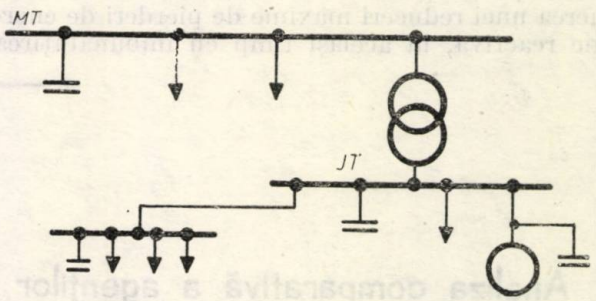


Fig. 13. Compensarea descentralizată cu baterii de condensatoare derivație, montate combinat pe bara de medie tensiune și joasă tensiune și la receptor.

Compensarea individuală prezintă dezavantajul că instalația trebuie să funcționeze împreună cu receptorul de putere reactivă, ceea ce face să aibă în general un coeficient de utilizare redus cu influență defavorabilă asupra amortizării investițiilor necesare. În plus, în industria chimică, în care în mod frecvent există medii de lucru corosive sau cu pericol de explozie, apar dificultăți majore la instalarea bateriilor de condensatoare lîngă receptoare. Rezultate bune s-au obținut însă în cazul utilajelor încălzite prin inducție la frecvență industrială la care compensarea individuală a permis nu numai descărcarea rețelelor de energie reactivă de valoare mare necesară acestor utilaje, ci și o mai bună utilizare a aparatajului de comutație aferent.

Compensarea centralizată pe bara de medie tensiune asigură condițiile impuse de furnizorul de energie electrică în punctul de racord, dar contribuie numai la micșorarea pierderilor în rețelele acestuia, fără a elimina pierderile din rețeaua uzinală, care afectează în continuare costurile de producție ale întreprinderii consumatoare de energie electrică.

Instalarea bateriilor de condensatoare la joasă tensiune pe barele posturilor de transformare și ale tablourilor importante de distribuție prezintă avantajul că, prin compensarea puterii reactive după transformatoare, se reduc pierderile de putere activă și căderile de tensiune datorate puterii reactive în transformator și în rețelele de distribuție de medie și joasă tensiune. Se are în vedere, în același timp, evitarea supra-

dimensionării transformatoarelor. Această soluție permite ca pe barele de medie tensiune să fie instalate baterii de condensatoare dimensionate numai la puterea reactivă necesară eventualilor consumatori ce funcționează la medie tensiune. Bateriile de condensatoare se aleg cu mai multe trepte pentru a oferi posibilitatea de a introduce în circuit numai puterea reactivă necesară consumatorilor, automat sau cel puțin manual după grafic.

Așadar, rezultă că soluția compensării combinate a energiei reactive, la medie și joasă tensiune pe grupe de consumatori, duce la obținerea unei reduceri maxime de pierderi de energie reactivă, în același timp cu îmbunătățirea regimurilor de funcționare a utilajelor energetice și rețelelor electrice.

Bibliografie

[1] Balaurescu D. și Eremia M.: *Îmbunătățirea factorului de putere*" Editura tehnică, București, 1981.

[2] Covar E.: *Propuneri privind economia de energie electrică la transportul produselor lichide și solide*, Construcții-Instalații în construcții, nr. 2, 1981, p. 24—29.

[3] Ionescu G. T. și Baciu A.: *Rețele electrice de distribuție*, Editura tehnică, București, 1981.

[4] Mereuță C. „*Măsuri practice generale pentru economisirea energiei electrice în industrie*" Editura tehnică, București, 1975.

[5] Suceveanu I. D. și Tăruș Gh.: *Reglajul vitezei prin frecvență — sursă potențială de energie*, Energetica 29, nr. 11—12, nov.-dec. 1981, p. 465—469.

(Primit la 6 octombrie 1982, acceptat la 17 decembrie 1982)

Surse noi și reînnoibile și tehnologii noi în energetică

Analiza comparativă a agenților termodinamici folosiți la recuperarea pierderilor de căldură cu potențial scăzut, din procese industriale

Dr. ing. E. Pavel*

Recuperarea pierderilor de căldură este una dintre acțiunile eficiente pentru asigurarea creșterii randamentului energetic global în orice proces industrial. Soluția economică pentru realizarea acestui deziderat depinde de o serie de factori, dintre care se menționează: parametrii calitativi ai purtătorului de căldură, cererea efectivă de căldură din zona instalațiilor recuperatoare etc.

Cea mai economică utilizare apare în cazul în care căldura obținută prin recuperare este folosită direct pentru acoperirea cererilor de căldură locale. În practică, rareori găsim consumatori permanenți de căldură; majoritatea consumatorilor au caracter sezonier. În unele cazuri nici nu se găsesc consumatori de căldură corespunzători disponibilităților de energie recuperată. În aceste cazuri apare interesantă convertirea căldurii în lucru mecanic sau în energie electrică, în cadrul unui ciclu termodinamic.

Pierderile de căldură cu temperaturi peste 250°C se recuperează relativ ușor și se transformă în energie mecanică sau electrică pe baza ciclurilor convenționale cu abur (cicluri Rankine). În cazul căldurii de potențial scăzut, respectiv cu temperaturi mai mici de 250°C, folosirea vaporilor de apă ciclu Rankine nu este totdeauna satisfăcătoare și se pune problema găsirii unui alt agent termodinamic de lucru. Dacă presiunea acestuia în generatorul de vapori este mai mică decît presiunea critică, se spune că este vorba de un proces subcritic. Dacă dimpotrivă, nivelul izobaric în generatorul de vapori este mai mare decît presiunea critică, avem un proces supracritic. În acest caz izobara de încălzire se găsește deasupra zonei cu trei faze și nu mai apare nici o porțiune izotermică. În procesele subcritice porțiunea din izobara de încălzire, care se găsește în zona aburului umed, este în același timp și izotermă. Revenind la procesele supracritice mai trebuie menționat faptul că, dacă la ieșirea din turbină aburul se găsește în stare supraîncălzită, procesul este de tip Brayton. Aceasta este cazul mediilor de lucru la care izentropele din domeniul supraîncălzit intersectează curba de saturație la temperaturi scăzute.

Teoretic randamentul termodinamic al unui proces nu poate depăși pe cel al ciclului ideal Carnot:

$$\eta_i = \frac{T_M - T_m}{T_M},$$

în care: T_M este temperaura cea mai ridicată a ciclului;

T_m — temperatura cea mai coborîtă.

Cele două niveluri de temperatură corespund celor două „surse" de căldură ale mașinii Carnot. Randamentele ciclurilor reale sînt mai mici decît randamentul ciclului Carnot corespondent. În cazurile reale, cînd temperatura superioară în ciclu nu depășește 250°C, randamentele sînt sub 20%.

* Dr. ing. Eugeniu Pavel — Intitutul Central de Cercetări Energetice

În formula de calcul a randamentului ciclului Carnot, caracteristicile mediului de lucru nu apar deloc, ceea ce uneori dă impresia că în general, chiar randamentul global nu depinde de purtătorul de căldură. În realitate, fiecare mediu purtător de căldură are caracteristici proprii și calculele arată că randamentele efective depind în mare măsură de aceste caracteristici.

Din punctul de vedere al formei curbelor de saturație, mediile folosite ca purtătoare de căldură pot fi grupate în trei clase. Aceste clase se caracterizează prin semnul derivatei dT/dS în porțiunea descendentă a curbei. Din clasa fluidelor avînd $dT/dS < 0$ face parte și apa. În acest caz, căderile entalpice urmărite pe o izentropă intersectează curba de saturație, astfel încît, în mod obișnuit, în ciclurile Rankine la dstinderea în turbină se trece din zona aburului supraîncălzit sau suprasaturat în zona aburului umed. Clasa fluidelor la care curba de saturație are derivata pozitivă $dT/dS > 0$ cuprinde o serie de compuși cum sînt mulți derivați halogenați ai hidrocarburilor. A treia clasă se caracterizează printr-o curbă de saturație cu derivata dT/dS tinzînd către infinit. Aceasta înseamnă că o parte a curbei de saturație se confundă cu o izentropă. În această categorie intră cîțiva compuși chimici ca, de exemplu, tetraclormetanul (CCl_4). În figura 1 sînt reprezentate schematic curbele de saturație. Reprezentarea s-a făcut în coordonatele TS pentru a scoate în evidență izentropele care sînt perpendiculare pe axa absciselor.

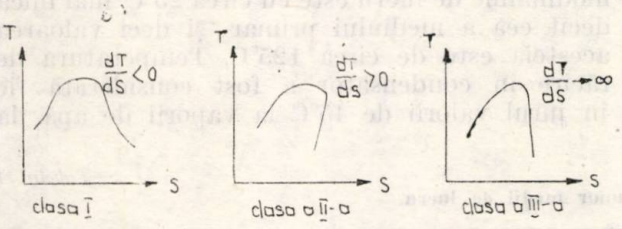


Fig. 1. Tipuri de curbe de saturație în diagrame T.S.

Se observă că în cazul fluidelor din clasele II și III, izentropele din zona supraîncălzită nu intersectează curba de saturație și deci, la ieșirea din turbină într-un ciclu termodinamic, aburul rămîne supraîncălzit și trebuie răcit, la presiune constantă, pînă la temperatura de saturație. Cîteva dintre fluidele organice aparțin sau se apropie mai mult de clasele II sau III. În aceste cazuri dispar atît pierderile datorate picăturilor de apă din aburul umed din ultimele trepte, cît și efectele lor erozive.

În comparația mediilor de lucru interesează și masa moleculară, respectiv și densitatea. O densitate moleculară mare înseamnă un flux volumetric mic și o cădere entalpică mică. Deci secțiunile transversale ale circuitelor și ale conductelor vor fi mai mici. În același timp, o cădere entalpică mică înseamnă un număr mic de trepte în turbină, dar și creșterea fluxului masic al fluidului, pentru a se putea obține putere echivalentă. Debitul masic mare implică folosirea unor pompe de circulație de mare putere.

O altă caracteristică importantă în analiza și compararea mediilor de lucru este temperatura critică. La unele substanțe organice, nivelul temperaturii critice este destul de coborît pentru a se putea realiza procese supracritice la temperaturile surselor de potențial termic scăzut. În aceste cazuri preluarea căldurii de către mediul de lucru în transformatorul de căldură se face numai sub formă sensibilă.

Mediile mai trebuie examinate și din punctul de vedere al inflamabilității, toxicității, agresivității. Sub acest aspect apa și vaporii ei pot fi considerați ca etalon de comparație.

În sfîrșit, o caracteristică importantă este stabilitatea compoziției substanței. Unele medii de lucru au limite de temperatură pentru stabilitatea chimică. De exemplu, hidrații de fluorocarbon nu pot fi folosiți la temperaturi peste 200°C, doarece la această temperatură se descompun.

Comparația și analiza mediilor de lucru trebuie să țină seama și de posibilitatea producerii acestora în țară, respectiv de evitarea importului.

În cele ce urmează se va face o analiză comparativă a cîtorva medii pentru care s-au găsit date caracteristice, care sînt folosite, sau sînt susceptibile a fi folosite, ca agenți de lucru în cicluri termodinamice. Astfel, au fost luate în considerație: vaporii de apă (H_2O), etanul (C_2H_6), anhidrida carbonică (CO_2), diclor-diflormetanul (CF_2Cl_2) cu denumirea comercială freon 12, diflor-monoclor-metanul (CHF_2Cl) cunoscut sub denumirea de freon 22, CF_3CH_2OH (85%) + H_2O (15%) denumit comercial fluorinol 85, tetraclor-metanul (CCl_4), toluenul (C_7H_8).

Să examinăm în primul rînd principalele caracteristici fizico-chimice ale acestor medii de lucru, după care să analizăm cîteva aplicații pe cicluri credibile și în același timp comparabile. În tabelul 1 sînt prezentate cîteva date caracteristice, unele din ele avînd caracter orientativ. Astfel, înclinațiile orientative ale curbei de saturație din diagramele T—S sînt calculate pe baza relației:

$$\frac{\Delta T}{\Delta S} = \frac{T_{cr} - T_0}{S_{cr} - S_0} \left[\frac{(°K)^2\,kg}{kJ} \right],$$

în care:

T_{cr} și S_{cr} reprezintă temperatura în °K, și entropia la punctul critic;

T_0 și S_0 — aceleași mărimi, considerate la nivelul de temperatură de 0°C.

Se observă că vaporii de apă, etanul și anhidrida carbonică au curbele de saturație cu

pante negative de același ordin de mărime. Freonul 12, freonul 22 și fluorinolul 85 au pante negative, de valori mari. Se poate afirma că pantele curbelor de saturație ale acestor ultime fluide de lucru tind către infinit; deci primele medii fac parte din clasa 1, iar ultimele din clasa 3, din care face parte și tetraclormetanul.

Din punctul de vedere al masei moleculare se constată că unele fluide au molecula mult mai grea decît cea a apei. De exemplu, freonul 12 are masa moleculară de 6,71 ori mai mare decît a apei, iar tetraclor-metanul de 7,98 ori. Freonul 22 și fluorinolul 85 au mase moleculare de 4,8 ori mai mari față de apă, iar etanul și anhidrida carbonică de 1,67, respectiv 2,44 ori. Masă moleculară mare înseamnă o densitate mai mare, dar, în general, și o cădere entalpică mai mică. Debitul volumetric al mediului de lucru este influențat atît în sensul scăderii (în cazul unei densități mai mari), cît și în sensul creșterii (în cazul căderii entalpice mai mici). De exemplu, folosirea freonului 12 ca mediu de lucru conduce la dimensiuni ale turbinei sensibil mai mici decît ale unei turbine cu abur de putere egală. În schimb, pompele de alimentare au puterea mult mai mare datorită densității mai mari, precum și diferențelor de presiuni mai mari.

În legătură cu valorile caracteristicilor punctului critic se observă că toate mediile analizate au temperaturile critice cu mult sub temperatura critică a apei, cu excepția tetraclor-metanului la care temperatura critică este de 283°C față de 374,15°C la apă. Presiunile critice sînt în jurul valorii de 50 bar față de presiunea critică a apei de 221,28 bar. Valorile temperaturilor și presiunilor critice arată că aceste medii pot fi folosite pentru realizarea unor cicluri supracritice chiar la surse de căldură de potențial scăzut (cu temperaturi sub 250°C).

Pentru compararea eficienței folosirii diferitelor medii de lucru se vor folosi cîteva exemple practice. Astfel, se presupune o sursă de căldură cu un debit caloric de 10 MW la o

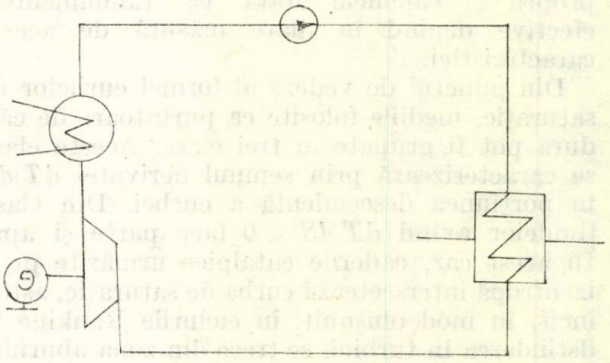


Fig. 2. Schema circuitului primar al mediului de lucru.

temperatură de 150°C. Această căldură se transferă printr-un schimbător de căldură unui mediu de lucru termodinamic. Temperatura la ieșirea sursei din schimbătorul de căldură scade la 70°C.

În tabelul 2 sînt prezentate datele caracteristice ale ciclurilor de tip Rankine sau Brayton, care au fost considerate ca fiind aplicate la mediile de lucru analizate. Dintre acestea, la vaporii de apă, ciclul se desfășoară practic în zona umedă. În exemplele luate s-a considerat că temperatura cea mai înaltă a mediului termodinamic de lucru este cu circa 25°C mai mică decît cea a mediului primar și deci valoarea acesteia este de circa 125°C. Temperatura de răcire în condensator a fost considerată fie în jurul valorii de 45°C la vaporii de apă, la

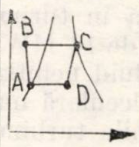
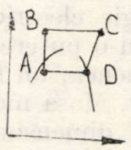
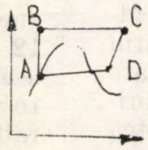
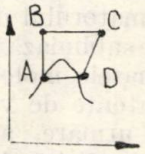
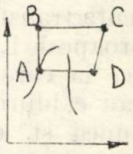
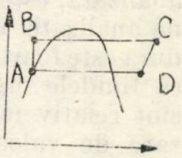
Tabelul-1

Cîteva caracteristici ale unor medii de lucru

Mediul de lucru	H_2O	C_2H_6	CO_2	Toluen C_7H_8	Freon 12	Freon 22	Fluorinol 85	CCl_4
Masa moleculară, kg/mol	18,02	30,07	44,01	92,13	120,92	86,475	87,74	143,838
Idem, în raport cu H_2O u.r.	1	1,668	2,442	5,11	6,710	4,799	4,869	7,982
t_{cr}, °C	374,15	32,1	31	320,6	115,5	96		283
p_{cr}, bar	221,28	49,32	73,75	40,79	40,08	49,35	peste 50	44,13
ρ_{cr}, kg/m³	322	210	460	circa 600	557	526		558
Panta curbei de saturație (aproximativ) $\frac{(°K)^2 kg}{kJ}$	−79,2	−66,2	−77,3		−815	−726,8	inf.	inf.

Tabelul 2

Exemple de cicluri termodinamice

Mediul de lucru		H_2O	C_2H_6	CO_2	Freon 12	Freon 22	Fluorinol 85
Diagrama $p-i$							
A	t [°C]	45	25	25	45	25	1
	p [bar]	0,0958	42	64	11	9,8	0,2
	i [kJ/kg]	188,4	518,5	497	473	451	84
B	t [°C]	45	30	31	45	25	1
	p[bar]	1,013	158	98	45	17	50
	i [kJ/ka]	186,5	518,5	497	473	451	84
C	t [°C]	100	125	125,5	125,5	125,5	1
	p [bar]	1,013	158	98	45,3	17,65	50
	i [kJ/kg]	2676	737,5	774,5	614	702	775
D	t [°C]	45	25	92	45	90	1
	p [bar]	0,0958	42	64	11	9,8	0,2
	i [kJ/kg]	2325	693,5	746	591,7	682	611
$i_C - i_B$ [kJ/kg]		2490	219	277,5	141	251	691
$i_C - i_D$ [kJ/kg]		351	41	28,5	22,3	20	164
Debit mediu de lucru [kg/s]		2,49	45,7	36	71	40	14,5
Eficiența transformatorului termic		0,62	1	1	1	1	1
Randament ciclu		0,14	0,20	0,10	0,158	0,08	0,237
Randament turbogenerator		0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
Randament total		0,07	0,16	0,08	0,126	0,064	0,19
Putere la borne generator [kW]		700	~1600	800	1260	640	1900
Putere la pompa de alimentare [kW]		0,3	~3000	215	260	35	700
Putere disponibilă [kW]		700	—	585	1000	605	1200
Randament global		0,07	0	0,058	0,10	0,06	0,12

freon 12, la fluorinol, fie în jurul valorii de 25°C la etan, la anhidrida carbonică, la freon 22. Temperatura de 25°C a fost aleasă la aceste medii astfel încît porțiunea de condensație să se plaseze în zona aburului umed. La vaporii de apă, preluarea căldurii în schimbătorul de căldură

se face în zona aburului umed, la temperatura de 100°C, la presiunea atmosferică. Calculele arată că, în acest caz, eficiența transformatorului de căldură este de ordinul 0,62. De aceea folosirea vaporilor de apă, pentru recuperarea analizată, este dezavantajoasă. La celelalte fluide analizate, eficiența transformatorului de căldură este foarte aproape de 1. Se subliniază faptul că fluidele organice la care masele moleculare sînt relativ mari au călduri latente de vaporizare de valoare mică și, ca urmare, acestea trec cu ușurință în zona supraîncălzită. Pentru simplificare, randamentele turbogeneratoarelor, inclusiv randamentele interne ale turbinelor, au fost considerate egale cu 0,8. În realitate există diferențe între randamentele interne ale turbinelor în special cînd, la evaluarea din turbină, fluidul de lucru se găsește în zona aburului supraîncălzit; în acest caz dispar pierderile datorate vaporilor umezi de la „coada" turbinei.

Se constată că puterile cele mai mari la bornele turbogeneratoarelor se obțin la instalația cu etan (1600 kW) la ciclul cu fluorinol (1900 kW) și la freon 12 (1260 kW). Din această putere, o parte este folosită pentru antrenarea pompelor de alimentare. Puterea absorbită de acestea este o funcție de diferența de presiune între punctele B și A din diagrama ciclului (vezi tabelul 2). Se subliniază că presiunea din B este aproape egală cu presiunea din C. Punctul C se stabilește avînd în vedere că: linia D—C este o izentropă, punctul D trebuie să se găsească, pe cît posibil, pe curba de saturație la temperatura coborîtă dată; în punctul C avem temperatura maximă a mediului purtător. Diferențele de presiune $p_B - p_A$ sînt foarte mari la etan, relativ mari la anhidrida carbonică, freon 12 și la fluorinol 85. Puterea cea mai mare solicitată de pompa de alimentare apare la ciclul cu etan (circa 2000 kW) la care, după cum se vede, pomparea cere mai multă putere decît debitează turbogeneratorul, urmează apoi fluorinolul 85 (700 kW), freonul 12 (260 kW) și anhidrida carbonică (215 kW). La vaporii de apă, în condițiile date, puterea cerută de pompare este neglijabilă. Ținînd seamă de toate elementele de mai sus obținem valorile randamentelor globale citate în tabelul 2. Se constată că fluorinol 85 este un mediu de lucru avantajos. Din literatură rezultă că fluorinolul 85 este folosit ca mediu de lucru în turbine. De exemplu la o oțelărie din Japonia este în curs de montare o centrală electrică cu fluorinol 85. Turbogeneratorul poate produce o putere de 14 MW. La intrarea în turbină, fluidul are o presiune de 50 bar și o temperatură de 280°C. Căldura disponibilă la schimbătorul de căldură corespunde unei puteri de circa 75 MW. Fluorinolul 85 este prezentat ca un fluid avînd greutate moleculară mare, cu valori ale punctului critic destul de scăzute, nu este inflamabil, nu este toxic și este puțin corosiv, avînd și stabilitate chimică bună.

În al doilea rînd se clasează ciclurile cu freon 12. Astfel, în cadrul unei topitorii de oțel din Norvegia, la Oyestrande, căldura rezultată de la furnale este utilizată pentru producere de energie electrică în turbogeneratoare cu freon 12 cu o putere de 14 MW. Freonul 12 este, de asemenea, un fluid neinflamabil, netoxic, necorosiv. Masa moleculară mare influențează favorabil dimensiunile turbinei.

Al treilea loc este ocupat de ciclurile cu vapori de apă. Turbinele cu vapori de apă rămîn în continuare concurente serioase, chiar și în cazul aplicațiilor la sursele de căldură de potențial scăzut, în special pentru puteri mai mari chiar dacă randamentul intern al turbinei este, în realitate, mai scăzut decît la turbinele care lucrează cu agenți organici. Un alt dezavantaj la turbinele cu abur este faptul că valoarea căderii entalpice în raport cu cea a altor medii, este mai mare și ca urmare sînt necesare mai multe trepte de destindere. De asemenea, masa moleculară mică implică secțiuni mai mari ale căilor de trecere a fluidului și deci dimensiuni mai mari ale conductelor și ale turbinei. Acestea sînt inconvenientele care au condus la căutarea și cercetarea și a altor medii de lucru mai avantajoase, cum sînt substanțele organice prezentate în tabelul 2.

★

Randamente apropiate prezintă ciclurile cu freon 22 și cu anhidridă carbonică. Anhidrida carbonică este un mediu de lucru care are unele calități propice folosirii ei în acest domeniu: se găsește și se produce ușor, este ieftină, nu este toxică (în sensul normelor sanitare), nu este inflamabilă. Totuși, din cauza caracteristicelor sale termodinamice randamentul obținut este destul de mic. Trebuie observat însă că anhidrida carbonică are nivelul temperaturii critice destul de scăzut (31°C) și ca urmare, pompa de alimentare care lucrează în porțiunea A—B a ciclului, ajunge cu ușurință la această temperatură. Depășirea acestei temperaturi la ultimele trepte ale pompei va produce evaporarea bruscă a fluidului, producîndu-se efecte de cavitație, vibrații etc.

Așa cum s-a arătat mai sus, din examinarea diagramelor ciclurilor, rezultă că la unele fluide punctul care corespunde stării mediului de lucru la ieșirea din turbină se găsește în zona vaporilor supraîncălziți. Această situație este cauzată fie de panta foarte accentuată în diagrama T—S a curbei de saturație, fie, cum este cazul anhidridei carbonice, temperatura critică are un nivel foarte scăzut față de temperatura de lucru. Pentru aceste cazuri vaporii rezultați la ieșirea din turbină conțin o cantitate de căldură sensibilă, care poate fi recuperată.

Obținerea energiei mecanice sau electrice prin transformarea căldurii de potențial scăzut provenită din procesele industriale este un deziderat actual care se încadrează în acțiunile mai ample de economisire a energiei. Alegerea fluidului de lucru este o problemă mai dificilă, care depinde de caracteristicile sale termodinamice. Unele medii de lucru, în special fluidele organice, au calități care favorizează eficiența energetică și reducerea costurilor, ca de exemplu mase moleculare mari, căderi entalpice mici, temperaturi critice reduse etc. Procesul de transformare a energiei se realizează pe baza ciclului Rankine. La unele medii de lucru se realizează cicluri de tip Brayton, la care preluarea energiei în transformatorul de căldură se face la nivelul unei izobare, deasupra punctului critic, fără nici o porțiune izotermică. Destinderea izentropică în turbină se termină în zona aburului supraîncălzit. Se obține în acest caz o bună eficiență a schimbului de energie în schimbătorul de căldură, deoarece se transferă numai căldură sensibilă. Căldura reziduală, purtată de fluid la ieșirea din turbină, poate fi recuperată.

Analiza s-a făcut pe baza datelor disponibile în literatura de specialitate.

Este necesară aprofundarea cercetărilor referitoare la proprietățile termodinamice ale substanțelor susceptibile a fi utilizate, precum și referitoare la posibilitățile de fabricare a acestora în țara noastră. Unele din mediile organice sînt cunoscute numai din literatura comercială, situație care trebuie să fie depășită.

Sînt necesare studii mai adîncite și analize comparative pentru stabilirea fluidelor cu eficiență mai mare, care să fie asimilate în producția autohtonă.

Bibliografie

[1] Raznjevic Kuzman — *Tabele și diagrame termodinamice* (traducere din limba sîrbocroată). Adaptare de Dan Stefănescu. Ed. tehnică, București, 1978.

[2] Papperitz Claus, Pichler Wilfried Romheld Michael — *Waste heat recovery for electricity generation*. In : Turbomachinery international, Nov. —Dec. 1981.

[3] Hirakawa, Y., Suzuki, T. — *14 MW ORC plant installed at Nippon Steel*. In : Modern Power Systems, May 1982, vol. 2, no. 4.

(Primit la 12 noiembrie 1982, acceptat la 9 martie 1983)

Reducerea pierderilor de căldură prin ardere mecanic incompletă la cazanele de abur funcționînd cu lignit

Ing. G. Chercea, ing. M. Rădulescu, ing. A. Roșu*

Generalități

În actuala conjunctură energetică, folosirea rațională a combustibilului este o problemă de importanță majoră, concretizată, în cazul cazanelor de abur de debite mari, prin efortul de reducere a pierderilor de căldură. În cazul cazanelor de abur funcționînd cu combustibil solid inferior (lignit) se poate acționa cu eficiență mai ales în direcția micșorării pierderilor de căldură prin ardere mecanic incompletă.

ICEMENERG a experimentat în ultimii ani diferite soluții de reducere a acestor pierderi :

- insuflarea aerului terțiar în pîlnia rece a cazanelor ;
- recuperarea întregii cantități de zgură de la baza focarului în vederea remăcinării și rearderii ei ;
- recuperarea unei părți din zgură (cea cu putere calorifică ridicată) și introducerea ei în circuitul de combustibil solid ;
- grătarul de postardere.

Articolul de față prezintă aceste soluții cu rezultatele obținute și face comparația lor din punct de vedere tehnico-economic (prezentarea detaliată a soluțiilor, atît din punct de vedere constructiv, cît și ca performanțe și eficiență, se va face în articole viitoare)

1. Influența calității lignitului asupra pierderilor de căldură prin ardere mecanic incompletă

Marile centrale termoelectrice funcționînd cu combustibil solid inferior din R. S. România (CTE Rovinari, CTE Turceni și CET Ișalnița) sînt alimentate cu lignit din bazinul Oltenia. O caracteristică foarte importantă, din punctul de vedere al arderii acestui combustibil sub formă pulverizată în focarele cazanelor de abur, este conținutul de xilită. Lignitul din minele bazinului Rovinari are un procent mediu de xilită de aproximativ 11,5 %, raportat la masa inițială a cărbunelui (lignitul din mina Poiana, spre exemplu, are peste 14 % xilită), iar lignitul din minele bazinului Motru este caracterizat de un procent mediu de xilită de aproximativ 11 % (cariera Lupoaia are lignit cu conținut de xilită de peste 16 %).

Materialul lemnos conținut în lignitul brut are o măcinabilitate redusă, datorită elasticității lui în momentul impactului cu elementele de sfărîmare ale morii. Astfel, lignitul cu conținut

* Autorii sînt cercetători științifici principali la ICEMENERG.

de xilită de 7% poate avea un coeficient de măcinabilitate m_{VTI}=1,1, în timp ce lignitul cu conținut de xilită de 25% poate avea un coeficient de măcinabilitate m_{VTI} = 0,75 [1]. Xilita pură selecționată din acest din urmă lignit are un coeficient de măcinabilitate m_{VTI} = 0,5.

În afară de măcinabilitatea scăzută, particulele xiloide se comportă negativ și din punctul de vedere al separării, deoarece în momentul în care ajung în separatorul morii, datorită portanței ridicate, ele ocolesc elementele de separare, evitînd returnarea în moară pentru remăcinare și pătrund direct în arzătorul de praf. Din această cauză finețea de măcinare a lignitului este grosieră, fiind caracterizată de valori R_{1000}=8—12% și R_{90} = 60—80%. Particulele mari din praful de lignit nu au timp să ardă complet la dimensiunile existente ale focarelor și din această cauză în zgura evacuată la pîlnia rece se regăsesc substanțe combustibile într-un procent foarte ridicat (30—50%).

Astfel, dacă lignitul cu un procent de cenușă raportat la masa inițială de 20% are un conținut de xilită de 7% în urma măcinării, praful poate avea o finețe de măcinare caracterizată de R_{1000} = 7% și nearse în zgură de aproximativ 15%. Dacă însă ar avea un conținut de xilită de 16%, praful rezultat ar avea o finețe de măcinare grosieră, caracterizată de R_{1000} = 13%, iar nearsele în zgură ar fi de peste 35% [2].

Pierderile de căldură prin ardere mecanic incompletă au valori medii de 4,2—6,6% la cazanele de 645 t/h și 3,7—5,9%, la cazanele de 1035 t/h din CTE Rovinari, 3,25 — 4,1% la cazanele de 1035 t/h din CTE Turceni și 6,2—9,9% la cazanele de 330 t/h, 7,2—10,2% la cazanele de 370 t/h și 3—6% la cazanele de 510 t/h din CET Işalnița. Aceste valori ale pierderilor q_4 realizate în exploatare sînt superioare față de valorile de referință ale cazanelor respective cu pînă la : 2,35% la cazanele de 645t/h și 2,2% la cazanele de 1035 t/h din CTE Rovinari, 0,4% la cazanele de 1035 t/h din CTE Turceni și 2,2—5,9% la cazanele de 330 t/h, 3,15—6,15% la cazanele de 370 t/h și 1,5—1,7% la cazanele de 510 t/h din CET Işalnița.

Aceste pierderi mari de căldură determină funcționarea cazanelor la randamente scăzute, cu consumuri specifice de combustibil depășite, ceea ce impune preocupări intense pentru găsirea și experimentarea unor soluții eficiente de reducere a lor.

2. Soluții propuse și experimentate de ICEMENERG în vederea reducerii pierderilor de căldură prin ardere mecanic incompletă

2.1. *Insuflarea aerului terțiar în pîlnia rece a focarelor cazanelor*

La cazanul nr. 3 de 370 t/h din CET Işalnița s-a montat o instalație experimentală de insuflare a aerului terțiar în jumătate din lungimea pîlniei reci [3]. Canalul de aer terțiar a fost racordat la inelul de aer primar (temperatura aerului aproximativ 270°C, presiunea lui — peste 100 mm H_2O) și a permis insuflarea aerului în pîlnia rece sub formă de jet plan, dirijat în sens invers curgerii gazelor în partea inferioară a focarului, pentru a avea un efect cît mai sensibil asupra circulației particulelor de zgură, ținîndu-se cont de faptul că focarul este cu flacără întoarsă. Forma flăcării și debitul mai mic de aer terțiar introdus în pîlnia rece față de valoarea de proiect (13% din necesarul de aer al cazanului) au făcut ca efectul instalației de insuflare asupra randamentului cazanului să fie redus (aproximativ 1%).

La cazanul nr. 1 de 645 t/h din CTE Rovinari a fost montată o instalație de insuflare a aerului terțiar, care servește în prezent grătarul de postardere basculat. Inițial instalația a fost racordată la inelul de aer primar al morilor, dar presiunea mică în acesta nu a permis realizarea parametrilor instalației. A fost necesară alimentarea canalelor de aer terțiar de către ventilatoare de aer proprii, folosindu-se în acest scop ventilatoarele de recirculare a gazelor de ardere, care erau disponibile. Astfel s-a putut dispune de un debit de aer terțiar rece, mai mare decît cel prevăzut în proiect (10% din debitul de aer al cazanului), la presiune ridicată, iar efectul a fost creșterea randamentului cazanului cu 2—3%.

Concluzia asupra oportunității montării de instalații de insuflare a aerului terțiar în pîlnia rece a cazanelor a fost pozitivă, însă un aport mărit al acesteia se obține cînd servește ca instalație de insuflare a aerului la grătarul de postardere. Cînd se constată că la un cazan nu sînt condiții pentru montarea unui grătar de postardere, instalația de insuflare a aerului terțiar poate contribui satisfăcător la reducerea pierderilor de căldură prin ardere mecanic incompletă.

2.2. *Recuperarea zgurii eliminate la pîlnia rece a cazanului în vederea rearderii ei*

2.2.1. Recuperarea plutitorilor din zgură

Procedeul de recuperare a zgurei plutitoare în baia transportorului de zgură a fost experimentat la un cazan de 1035 t/h din CTE Rovinari. Zgura plutitoare conține o mare parte din matrialul lemnos nears căzut în pîlnia rece și are o putere calorifică inferioară cuprinsă între 10 și 15 MJ/kg. Prin deversarea din transportorul de zgură a apei cu zgură plutitoare printr-o conductă așezată în poziție de „prea-plin" s-a putut măsura debitul de zgură plutitoare (0,3—0,5 t/h). Întrucît cantitatea de căldură recuperată prin acest procedeu reprezintă nu-

mai 5% din pierderile de căldură prin ardere mecanic incompletă aferente zgurei, s-a tras concluzia că soluția nu este rentabilă. De aceea s-a renunțat la montarea instalației propuse, care ar fi constat din: conducta de preaplin, ejector, conducta de legătură între ejector și bazinul de separare a apei, greifer de extragere a zgurei din bazin și un mijloc de transport al acesteia în depozitul de combustibil, în vederea amestecului ei cu lignitul.

2.2.2. Recuperarea zgurei în stare umedă

La un cazan de 1035 t/h din CET Turceni (la care zgura avea nearse de 40—65%, ceea ce făcea ca puterea calorifică inferioară să fie de 4,6—8,4 MJ/kg) s-a montat o instalație experimentală de recuperare a zgurei, în vederea rearderii ei [5]. Instalația consta dintr-o bandă transportoare de cauciuc, de tip mobil, cu care se extrăgea zgura umedă deversată de transportorul de zgură și se introducea într-un buncăr intermediar (tampon) și dintr-o a doua bandă de același fel, cu care se trimitea zgura de la baza buncărului intermediar într-un mijloc de transport auto, cu ajutorul căruia se transporta în depozitul de cărbune. Zgura astfel colectată în depozit a fost introdusă, fără a se amesteca cu lignitul, într-una din cele trei mori în funcțiune ale cazanului, măcinarea și arderea decurgînd corespunzător. Procedeul a permis recuperarea pierderilor de căldură prin ardere mecanic incompletă aferente zgurei aproape în întregime (se consideră totuși pierdută cantitatea de căldură necesară vaporizării umidității zgurei). Proiectul unei instalații de recuperat zgura la scară industrială, întocmit de ISPE pentru cazanele de 1035 t/h, a propus folosirea unui sistem de benzi transportoare și elevatoare; acest sistem s-a dovedit costisitor, de aceea s-a renunțat în favoarea soluției cu grătar de postardere.

2.2.3. Recuperarea zgurei în stare uscată

Pentru a recupera în întregime atît căldura conținută în substanțele combustibile nearse din zgură, cît și în căldura sensibilă, este necesar să se recircule zgura în stare uscată. A fost propusă o instalație cu ajutorul căreia să se extragă zgură în stare uscată și să se introducă în aspirația unei mori vecine. Zgura recuperată se remacină și se reintroduce în focar în amestec cu lignitul, recuperîndu-se integral, în acest fel, căldura reziduală conținută. Instalația nu a fost încă realizată, deoarece mai necesită cercetări.

2.3. *Grătarul de postardere*

2.3.1. Grătarul de postardere basculant

În anul 1977, la cazanul nr. 1 de 645 t/h din CET Rovinari s-a pus în funcțiune primul grătar de postardere din țară. Soluția adoptată a suferit modificări în anii următori (s-au prevăzut ventilatoare de aer terțiar proprii, arborii au fost răciți etc.), iar din anul 1979 este în funcțiune la ambele cazane de 645 t/h varianta îmbunătățită de grătar de postardere.

Aceste grătare permit prelungirea naturală a timpului de staționare în focar a particulelor de cărbune insuficient arse, conducînd în acest fel la definitivarea arderii lor [4]. Grătarul de tipul basculant a fost realizat prin dispunerea, în fiecare din cele patru pîlnii ale cazanului, a cîte patru arbori de secțiune patrată, răciți în interior cu apă demineralizată, pe care s-au așezat barele de grătar, formînd un covor de bare pentru reținerea zgurei. Arborii se pot roti cu 90° cu ajutorul unor servomotoare hidraulice, la anumite intervale de timp, pentru a se vărsa zgura acumulată. Aerul necesar arderii pe grătar se insuflă prin spațiul prevăzut între bare și este adus sub grătar, prin canale de aer, alimentate de ventilatoare de insuflare.

Grătarul de postardere basculant a permis reducerea pierderilor de căldură prin arderea mecanic incompletă de la 7—11 % la 2—4%, mărindu-se pe această cale sarcina blocului cu 6—10 MW, fără consum suplimentar de combustibil.

Prin prezența unui „pat de foc" de nivel termic foarte ridicat la baza focarului și prin contribuția efectivă la mărirea indicilor de încărcare termică a focarului, grătarul de postardere a îmbunătățit stabilitatea arderii, realizîndu-se o diminuare a aportului caloric al combustibilului suport pînă la 5—7 %.

2.3.2. Grătarul de postardere rulant

Gratarul de postardere rulant reprezintă tipul de grătar de postardere mai des utilizat, care, dacă este prevăzut încă din faza de proiectare, poate diminua pierderile de căldură prin ardere mecanic incompletă pînă la valori lipsite de importanță.

Primul grătar de postardere rulant a fost pus în funcțiune în anul 1979 la cazanul nr. 1 de 330 t/h din CET Craiova. Grătarul, de concepție ICEMENERG, a prezentat la început unele deficiențe în funcționare, dar pe parcurs au fost remediate; în prezent se comportă sigur în exploatare, dovedindu-și eficiența prin reducerea pierderilor de căldură prin ardere mecanic incompletă cu circa 60%.

În anul 1981 au fost montate la două cazane de 1035 t/h din CTE Rovinari și CTE Turceni grătare de postardere rulante de concepție I.C.S.I.T.E.E. Acestea au permis ridicarea sarcinii cazanului atît prin diminuarea pierderilor de căldură prin ardere mecanic incompletă, cît și prin creșterea debitului morilor datorită demontării separatoarelor (finețea de măcinare înrăutățită fiind compensată de arderea par-

ticulelor grosiere pe grătar). Prezența grătarului de postardere rulant la aceste cazane a permis funcționarea lor fără combustibil suport la sarcini ridicate.

3. Alegerea celei mai economice soluții de diminuare a pierderilor de căldură prin ardere mecanic incompletă la cazanele de abur alimentate cu lignit

Fiecare din soluțiile prezentate, dacă este analizată separat, se dovedește utilă pentru reducerea pierderilor de căldură ale cazanului prin ardere mecanic incompletă. Investiția în instalație se recuperează în termene scurte (mai puțin de un an). Alegerea uneia sau alteia dintre soluții se face în funcție de posibilitățile de montare ale unei instalații noi în spațiul disponibil, de volumul modificărilor necesare (de exemplu : tăierea pîlniei reci la montarea grătarului de postardere), de mărimea pierderilor de căldură prin ardere mecanic incompletă ale cazanului analizat și de măsura în care acestea pot fi reduse prin aplicarea soluției (dacă rezolvă parțial sau complet problema), de eventuala reducere a consumului de hidrocarburi etc.

Procedeele prezentate au fost aplicate la cazane care diferă între ele prin : tipul lor (forma focarului, pîlniei reci etc.), mărime, valoarea pierderilor de căldură prin ardere mecanic incompletă, aportul caloric al combustibilului suport etc.

Pentru a se putea compara între ele efectele soluțiilor descrise, se presupune că acestea se aplică la un cazan alimentat cu lignit, care are nevoie pentru stabilizarea arderii de un aport caloric de hidrocarburi de 15% și la care pierderile de căldură prin ardere mecanic incompletă au valoarea de 5%. Pierderile de căldură sensibilă a zgurii reprezintă 0,2%. În figura 1 se prezintă schematic soluțiile luate în considerare cu efectele lor, care pot fi : reducerea pierderilor de căldură ale cazanului, creșterea sarcinii, reducerea consumului de lignit sau de combustibil suport (hidrocarburi).

Instalația de insuflare a aerului terțiar în pîlnia rece a cazanului contribuie la reducerea pierderilor de căldură ale cazanului într-o măsură mai mică (1—2 procente absolute) decît grătarul de postardere sau instalația de recuperare a zgurei în vederea rearderii. De obicei, această instalație este folosită împreună cu grătarul de postardere, însă la cazanele la care nu există posibilități de montare a grătarului, sau la care pierderile de căldură prin ardere mecanic incompletă sînt mai mici, ea se poate folosi și singură, dovedindu-se utilă și eficientă.

Procedeul de recuperare a plutitorilor din zgură în vederea rearderii lor contribuie într-o măsură foarte redusă la diminuarea pierderilor cazanului, determinînd reducerea consumului de combustibil cu numai 0,2%. De aceea, recuperarea în întregime a zgurei apare cu mult mai avantajoasă, contribuind la reducerea pierderilor cazanului cu circa 4 procente absolute. Prin recuperarea zgurei în stare uscată se pot reduce în totalitate atît pierderile de căldură prin ardere mecanic incompletă, cît și cele cu căldura sensibilă a zgurei. Pe această cale se poate reduce consumul de lignit al cazanului cu 4—5% (s-a considerat procentul de nearse în zgură de circa 40%).

Grătarul de postardere permite reducerea pierderilor de căldură prin ardere mecanic incompletă într-o măsură mai mică decît instalația de recuperare a zgurei (cu 1—2 procente absolute), însă soluția este deosebit de avantajoasă prin efectul său asupra stabilității arderii (reducerea consumului de hidrocarburi) și crearea posibilității de creștere a sarcinii cazanului alimentat cu cărbune de calitate inferioară celei prevăzute în proiect, prin mărirea debitului de lignit măcinat ca urmare a demontării separatoarelor morilor și arderii particulelor grosiere direct pe grătar. Acest lucru a fost demonstrat de ICEMENERG în momentul în care s-a luat decizia pentru aplicarea soluției optime de reducere a pierderilor de căldură ale cazanului prin ardere mecanic incompletă, acțiune care s-a desfășurat în cadrul mai larg al efortului de aducere a cazanului de 1035 t/h pe lignit la parametrii nominali [6].

S-a efectuat un calcul tehnico-economic comparativ între soluțiile „grătar de postardere" și „recuperarea zgurii în vederea rearderii", folosindu-se, ca modalitate de apreciere a eficienței economice, criteriul cheltuielilor actualizate minime.

S-a ținut cont, în afară de investițiile propriu-zise în instalații, de faptul că pentru montarea grătarului de postardere este necesară modificarea pîlniei reci (scoaterea unei părți a vaporizatorului), ceea ce, în cazul unui cazan existent, duce la indisponibilitatea grupului pe o perioadă mai lungă. Soluția „grătar de postardere" a fost analizată atît în ipoteza demontării separatoarelor pentru mărirea sarcinii cazanului, cît și în situația existentă. Cheltuielile cu energia electrică de acționare a instalațiilor s-au luat în considerare prin diminuarea corespunzătoare a economiilor realizate. Pentru echivalarea soluțiilor s-a luat ca bază soluția cu efectele cele mai mari (aceasta fiind grătarul de postardere cu mori fără separator, care a prezentat valorile cele mai mari pentru economiile realizate datorită energiei electrice livrate suplimentar și reducerii consumului de păcură pentru stabilizare); pentru această soluție „cheltuielile" s-au considerat zero. Pentru celelalte soluții s-au considerat drept „cheltuieli" diferențele între efectele economice realizate și cele ale soluției de bază. Calculul a pornit de la premisa că soluția care produce energie electrică în cantitate mai mică va fi „amendată"

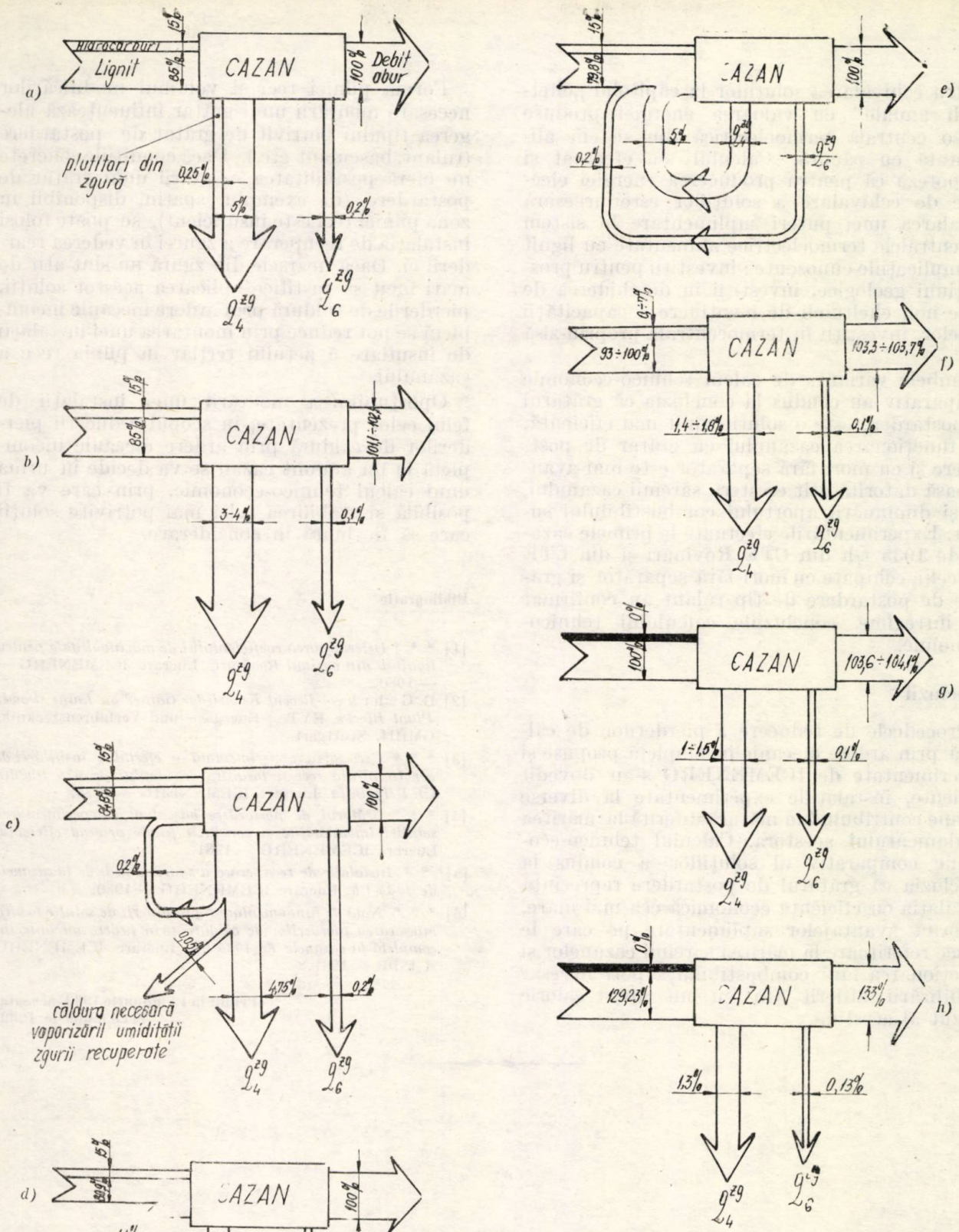


Fig. 1. Reprezentarea schematică a efectelor instalațiilor de reducere a pierderilor de căldură cu zgura evacuată la pîlnia rece : a — situația de referință ; b — instalația de insuflare a aerului terțiar ; c—instalația de recuperare a plutitorilor de zgură ; d — instalația de recuperare a zgurei în stare umedă ; e — instalația de evacuare a zgurei în stare uscată ; f — grătar de postardere basculant ; g — grătar de postardere rulant ; h — grătar de postardere rulant la cazan cu mori fără separator.

Notă. În situația de referință, debitul de abur al cazanului este cu mult sub valoarea nominală datorită înrăutățirii calității lignitului.

pentru echivalarea soluțiilor la capitolul „cheltuieli anuale" cu valoarea energiei produse într-o centrală termoelectrică din sistem alimentată cu păcură. Calculul s-a efectuat și în ipoteza că pentru producerea energiei electrice de echivalare a soluțiilor este necesară instalarea unei puteri suplimentare în sistem în centralele termoelectrice alimentate cu lignit cu implicațiile cunoscute : investiții pentru prospecțiuni geologice, investiții în deschiderea de mine noi, cheltuieli de menținere a capacității minelor, investiții în termocentrala propriu-zisă etc.

Ambele variante de calcul tehnico-economic comparativ au condus la concluzia că grătarul de postardere este o soluție mult mai eficientă, iar funcționarea cazanului cu grătar de postardere și cu mori fără separator este mai avantajoasă datorită atît creșterii sarcinii cazanului, cît și diminuării aportului combustibilului suport. Experimentările efectuate la primele cazane de 1035 t/h din CTE Rovinari și din CTE Turceni, echipate cu mori fără separator și grătare de postardere de tip rulant au confirmat în întregime concluziile calculului tehnico-economic.

Concluzii

Procedeele de reducere a pierderilor de căldură prin ardere mecanic incompletă propuse și experimentate de ICEMENERG s-au dovedit eficiente, instalațiile experimentate la diverse cazane contribuind în măsură diferită la mărirea randamentului acestora. Calculul tehnico-economic comparativ al soluțiilor a condus la concluzia că grătarul de postardere reprezintă instalația cu eficiența economică cea mai mare, datorită avantajelor suplimentare pe care le aduce referitoare la mărirea sarcinii cazanelor și funcționarea fără combustibilul suport necesar stabilizării arderii sau cu un aport caloric scăzut al acestuia.

Forma pîlniei reci și volumul modificărilor necesare montării unui grătar influențează alegerea tipului potrivit de grătar de postardere (rulant, basculant etc.). Dacă condițiile concrete nu oferă posibilitatea montării unui grătar de postardere (de exemplu spațiul disponibil în zona pîlniei reci este insuficient), se poate folosi instalația de recuperare a zgurei în vederea rearderii ei. Dacă nearsele din zgură nu sînt atît de mari încît să justifice aplicarea acestor soluții, pierderile de căldură prin ardere mecanic incompletă se pot reduce prin montarea unei instalații de insuflare a aerului terțiar în pîlnia rece a cazanului.

Oportunitatea montării unei instalații de felul celor prezentate, în scopul reducerii pierderilor de căldură prin ardere mecanic incompletă la un anumit cazan se va decide în urma unui calcul tehnico-economic, prin care va fi posibilă și stabilirea celei mai potrivite soluții care să fie luată în considerare.

Bibliografie

[1] * * * *Determinarea coeficientului de măcinabilitate pentru lignitul din bazinul Rovinari.* Lucrare ICEMENERG — — 1980.

[2] B. G e h r k e—*Recent Knowledge Gained on Large Power Plant Blocks.* EVT — Energie —und Verfahrenstecknik, GMBH, Stuttgart

[3] * * * *Cercetarea experimentală a efectului insuflării de aer în pilnia rece a focarului cazanului de 370 t/h din CET Ișalnița.* Lucrare ICEMENERG — 1978.

[4] * * * *Grătarul de postardere basculant. Experimentarea soluției îmbunătățite și concluzii finale privind eficiența.* Lucrare ICEMENERG — 1981.

[5]* * * *Instalație de recuperare a zgurii umede de la cazanele de 1035 t/h.* Lucrare ICEMENERG — 1980.

[6] * * * *Notă de fundamentare a propunerii de soluție pentru micșorarea pierderilor de căldură prin ardere mecanic incompletă la cazanele de 1035 t/h.* Lucrare ICEMENERG și ISPE — 1981.

(Primit la 12 ianuarie 1983, acceptat la 28 ianuarie 1982)

Aspecte privind comportarea LEA de 400 kV dublu circuit cu trei conductoare pe fază din punctul de vedere al descărcării corona

Dr. ing. D. Cristescu, dr. ing. Marilena Ungureanu, ing. P. Postolache, ing. Gh. Măgureanu*

În etapa actuală de dezvoltare a sistemului electroenergetic, liniile de 400 kV au o întindere considerabilă, de peste 3000 km, urmînd ca, în limitele precizărilor actuale, la sfîrșitul cincinalului 1981—1985 să ajungă sau chiar să depășească 5000 km.

Interesul generat de reducerea pierderilor de putere și energie activă prin descărcarea corona, ca și reducerea impactului LEA asupra mediului, au dus la adoptarea soluției de construcție a fazei cu trei conductoare.

De aici și preocuparea de a cunoaște comportarea liniilor electrice echipate cu trei conductoare pe fază la 400 kV din punctul de vedere al descărcării corona.

1. Predeterminarea nivelului perturbator radioelectric (N.P.) al liniei dublu circuit

În cazul lucrării de față, predeterminarea nivelului perturbator radioelectric (N.P.) s-a făcut cu ajutorul metodei analitice simplificate, bazate pe analiza modală a propagării curenților perturbatori injectați de descărcarea corona, în linie [1]. Pentru linia dublu circuit de 400 kV cu un coronament tip Donau, asemănător coronamentului stîlpului Sn 400232, echipată cu fascicule de conductoare 3 01-A1N 450/75 mm² profilul transversal al nivelului perturbator radioelectric al liniei este prezentat în figura 1.

2. Determinarea experimentală a nivelului perturbator radioelectric (N.P.)

Determinări experimentale privind nivelul perturbator radioelectric (N.P), pentru fascicole de 3 01-AlM450/75 mm², au fost efectuate pe linia experimentală a laboratorului de T.T.I. din I.P.B., în perioada sfîrșitului anului 1980 și în anul 1981. Determinările experimentale s-au referit la ridicarea profilului transversal al cîmpului perturbator la jumătatea deschiderii și a spectrului de frecvență al nivelului perturbator radioelectric la distanța de 5 m și 15 m față de linie, cu ajutorul unui aparat de măsură prevăzut cu antenă de recepție de 2 m lungime, potrivit recomandărilor CISPR. Măsurătorile de nivel perturbator radioelectric au fost însoțite de măsurători de presiune, temperatură și umiditate atmosferică, ceea ce a permis urmărirea variației acestuia cu acești parametri meteorologici, în vederea stabilirii unor legi de variație.

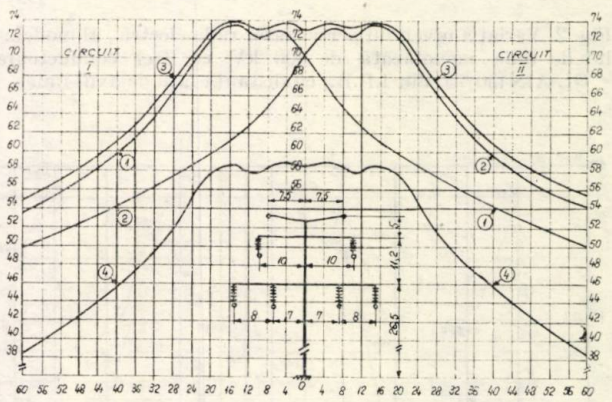


Fig. 1. Profilul transversal al nivelului pertubator radioelectric al liniei dublu circuit cu coronament tip DONAU : 1 — profilul lateral, pe timp de ploaie intensă, al liniei funcționînd cu circuitul I sub tensiune ; 2 — profilul lateral, pe timp de ploaie intensă, la linia funcționînd cu circuitul II sub tensiune ; 3 — profilul lateral, pe timp de ploaie intensă, al liniei dublu circuit ; 4 — profilul lateral, pe timp frumos, al liniei dublu circuit.

Determinările au fost făcute pentru cîmpul electric superficial nominal $E_n = 14{,}1$ kV/cm ; $1{,}1 \times E_n$ și $1{,}2 \times E_n$, valoarea $E_n = 14{,}1$ kV/cm situîndu-se între valorile de cîmp superficial pe conductoarele fazelor LEA, care variază între 13,29 kV/cm și 15,81 kV/cm.

Prelucrarea numeroaselor date experimentale a fost făcută pe baze statistice.

Parametrul atmosferic cel mai important îl constituie umiditatea aerului, valorile măsurate fiind grupate în două categorii de timp corespunzătoare pentru umiditatea $h < 80\%$ și $h \geqslant 80\%$. Rezultatele prezentate în figura 2 corespund cîmpului superficial E_n.

Valorile medii ale spectrelor de frecvență ridicate la 15 m față de linie în condițiile de mai sus, sînt prezentate în figura 3. Alura spectrelor este aceeași, avînd o tendință de diminuare a nivelului perturbator radioelectric (N.P.) odată cu frecvența.

Se observă că nivelul perturbator radioelectric (N.P.) crește odată cu creșterea cîmpului electric superficial ; pentru o creștere a cîmpului electric superficial de 10%, nivelul perturbator

* Dr. ing. D. Cristescu este profesor la Facultatea de energetică — Catedra de rețele electrice, dr. ing. Marilena Ungureanu și ing. P. Postolache sînt șefi de lucrări, iar Gh. Măgureanu este inginer la aceeași facultate, aceeași catedră.

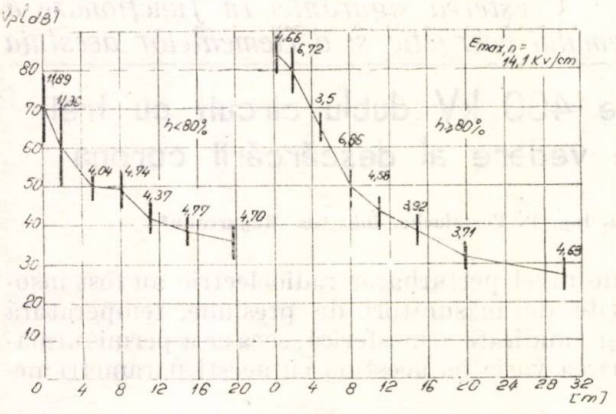


Fig. 2. Variația nivelului perturbator radioelectric, al modelului de linie monofazată de 400 kV cu trei conductoare OL-AlN450/75, din I.P.B., cu distanța față de axul liniei.

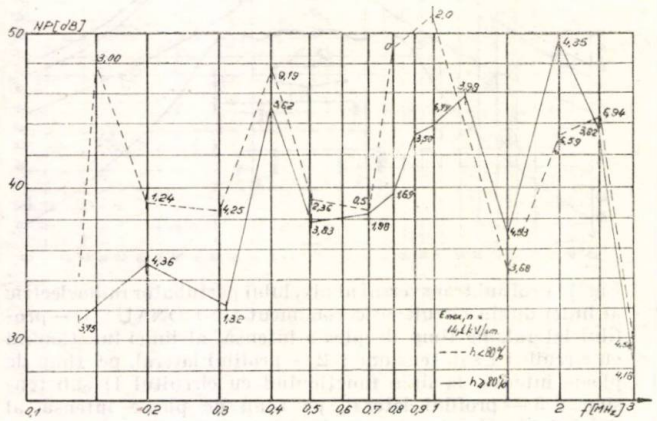


Fig. 3. Spectrul de frecvență al nivelului perturbator radioelectric, al modelului de linie monofazată de 400 kV cu trei conductoare OL-AlN450/75, din I.P.B. la distanța de 15 m față de axul liniei.

radioelectric (N.P.) crește cu 13%, iar pentru o creștere de 20%, nivelul perturbator radioelectric (N.P.) crește cu 18%.

Modificările nivelului perturbator radioelectric în funcție de momentul zilei se fac în sensul creșterii sale spre amiaza zilei, aceasta datorită fenomenului de rouă de dimineață și seară și uscării conductorului spre amiază.

Ținînd seama de coronamentul liniei dublu circuit s-a apreciat nivelul perturbator radioelectric al acestei linii, pentru condiții meteorologice ce determină valori maxime și minime. Pentru un punct situat la 15 m față de proiecția la sol a fazei laterale, vom avea următoarele valori ale nivelului perturbator radioelectric:

Tabelul 1

Categoria de timp	Nivel perturbator radioelectric N.P. (dB)		
	Circuit I–N.P.I	Circuit II–N.P. II	N.P.
Ploaie intensă	64	56,6	65
Timp frumos	46,9	39,3	47,8

Diferența dintre N.P.I. și N.P.II este de 7,4 dB adică 11,5%, pentru poziția dată a punctului de măsurare.

3. Determinarea experimentală a zgomotului acustic (Z.A.)

Principalul mod în care liniile electrice aeriene de 400 kV afectează calitatea mediului ambiant se datorează descărcării corona, care este însoțită, pe lîngă perturbațiile radioelectrice, și de zgomote acustice caracteristice. Zgomotul acustic (Z.A.) produs de linie este influențat, ca și descărcarea corona, de condițiile meteorologice, parametrii geometrici și electrici ai conductoarelor.

În paralel cu măsurătorile de nivel perturbator radioelectric (N.P.), pe linia experimentală a laboratorului de Tehnica Tensiunilor Înalte din Institutul Politehnic București s-au efectuat măsurători de zgomot acustic (Z.A.), utilizîndu-se un sonometru de precizie tip SST-4F-LEA (Franța) și respectîndu-se metodologia dată în lucrarea [4]. Cu această ocazie s-au înregistrat nivelul zgomotului acustic (Z.A.) și spectrul de frecvență al zgomotului. Măsurătorile efectuate, în condiții de ploaie intensă, la tensiunea nominală, au dat următoarele valori:

Tabelul 2

R [m]	0	2	5	11	15	20
ZA_0[dB (A)]	56	54	51	47	45	45

unde R este distanța, la nivelul solului, față de conductorul sub tensiune, iar ZA_0 este zgomotul produs de o linie monofazată.

Spectrul de frecvență măsurat la distanța R = 15 m se prezintă în tabelul 3.

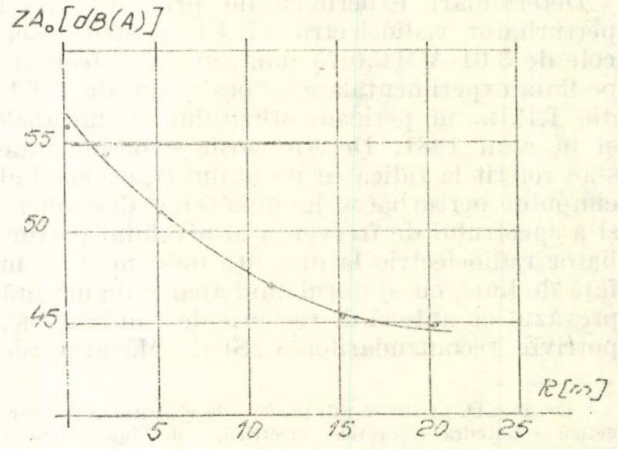


Fig. 4. Variația nivelului zgomotului acustic produs de către modelul de linie monofazată de 400 kV cu trei conductoare OL-AlN 450/75, din I.P.B., cu distanță față de axul liniei.

Tabelul 3

Octava [Hz]	31,5	63	125	250	500	1.10^3	2.10^3	4.10^3	8.10^3
ZA_0[dB(A)]	68	66	61	58	55	45	40	28	26

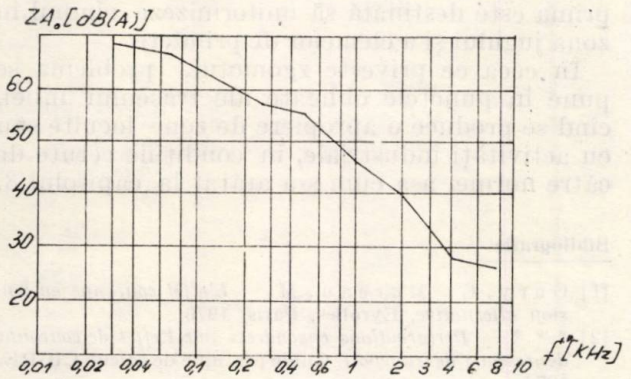


Fig. 5. Spectrul de frecvență al nivelului zgomotului acustic produs de către modelul de linie monofazată de 400 kV cu trei conductoare OL-Al N 450/75, din I.P.B., la distanța de 15 m față de axul liniei.

Pornind de la aceste date și folosind metodologia dată în [4] s-a estimat zgomotul acustic (Z.A.) produs de o linie trifazată dublu circuit într-un punct la suprafața solului, la 15 m față de verticala conductorului exterior, găsindu-se valoarea Z.A. = 54 dB(A), valoare acceptabilă în condițiile de lucru menționate.

Aplicînd criteriul C_z [3] de normare a zgomotelor și avînd în vedere că nu se poate face o analiză de frecvență de o octavă, Z.A. — 5 dB aproximează criteriul de zgomot. În cazul acesta, $C_z = 49$. De asemenea, trebuie ținut seama de factorii referitori la caracterul zgomotului, cum ar fi modul de acțiune, repetabilitatea, previzibilitatea sau timpul cînd acționează. În aceste condiții criteriul C_z se corectează cu ± 5 unități.

Criteriile de zgomot corectate se compară cu valorile limită admisibile pentru diferite condiții. Normele CAER stabilesc pentru zgomotele exterioare, relativ staționare, nivele criteriale de zgomot C_z, cum ar fi:

— zona de locuințe,noaptea, $C_{z\,max} = 35$;
— zona industrială, ziua $C_{z\,max} = 55$.

În aceste condiții, deci, se poate judeca comportarea liniei electrice aeriene din punctul de vedere al zgomotului acustic.

4. Determinarea experimentală a nivelului perturbator radioelectric al lanțurilor de izolatoare

Lanțurile de izolatoare se consideră ca fiind generatoare discrete de perturbații.

Determinarea experimentală a nivelului perturbator radioelectric al lanțurilor de izolatoare s-a făcut în condițiile unei scheme de măsură experimentală realizată în cadrul laboratorului de TTI din I.P.B., în conformitate cu schema de principiu recomandată de către CISPR.

S-au studiat lanțurile de izolatoare duble în varianta 1 echipate cu armături APS-2 și API-2, în varianta 2 echipate cu armături tip rachetă și APS-2, în varianta 3 fără armături și lanțul de izolatoare simplu, în varianta 4, echipat cu armături tip APS-2 și API-2.

Izolatoarele din echiparea lanțurilor sînt de tipul CTS-160 de fabricație românească.

Determinările experimentale efectuate s-au referit la ridicarea curbelor de variație a nivelului perturbator radioelectric în funcție de frecvență la diferite nivele ale tensiunii aplicate și la stabilirea variației nivelului perturbator în funcție de tensiunea aplicată pentru frecvența recomandată de către CISPR, adică f = = 500 kHz.

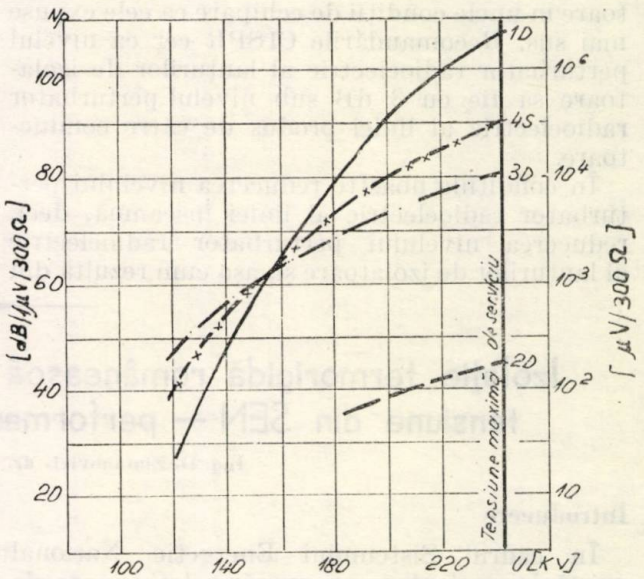


Fig. 6. Variația nivelului perturbator radioelectric al lanțurilor de izolatoare pentru linii de 400 kV cu trei conductoare pe fază, în funcție de tensiunea aplicată. Lanț de izolatoare pentru 400 kV: 1D — dublu cu armături APS-2 și API-2; 2D — dublu cu armături rachetă și APS-2; 3D — dublu fără armături; 4S — simplu cu armături APS-2 și API-2.

Pentru studiul comportării lanțurilor de izolatoare din punctul de vedere al nivelului perturbator radioelectric, stabilirea variației acestuia în funcție de tensiunea aplicată este foarte importantă. Folosind modelul matematic al regresiei și datele experimentale s-au trasat curbele care descriu fenomenul. Variația nivelului perturbator radioelectric al lanțurilor de

izolatoare în funcție de tensiunea aplicată este reprezentată în figura 6.

În tabelul următor sînt date succint caracteristici importante ale comportării lanțurilor studiate:

Tabelul 4

Tipul lanțului de izolatoare	Nivelul perturbator la tensiunea nominală *	Nivelul perturbator la tensiunea maximă de serviciu *	Intervalul de tensiune de „salt" corona
Dublu, varianta 1	102 dB	106 dB	144÷167 kV
Dublu, varianta 2	43 dB	44 dB	190÷213 kV
Dublu, varianta 3	79 dB	80 dB	144÷167 kV
Simplu, varianta 4	88 dB	90 dB	Nu apare evident

*) Valori determinate prin prelucrarea statistică a valorilor experimentale

5. Concluzii

Avînd în vedere faptul că nivelul cîmpului superficial la suprafața conductorului unei linii electrice aeriene cu trei conductoare pe fază este relativ redus, nivelul perturbator radioelectric al liniei poate fi dictat de către nivelul perturbator radioelectric al lanțurilor de izolatoare în unele condiții de echipare ca cele expuse mai sus. Recomandările CISPR cer ca nivelul perturbator radioelectric al lanțurilor de izolatoare să fie cu 3 dB sub nivelul perturbator radioelectric al liniei produs de către conductoare.

În condițiile noastre reducerea nivelului perturbator radioelectric al liniei înseamnă, deci, reducerea nivelului perturbator radioelectric al lanțurilor de izolatoare și, așa cum rezultă din experimentări, soluția este folosirea de armături tip rachetă, care uniformizează atît cîmpul în zona jugului și a clemelor de prindere a conductoarelor, cît și repartiția tensiunii pe lanț, în special pe ultima capă. Această uniformizare trebuie însă să se facă cu discernămînt, fie direct cu armătura tip rachetă, fie cu o armătură special executată în acest scop, în cazul în care prima este destinată să uniformizeze cîmpul în zona jugului și a clemelor de prindere.

În ceea ce privește zgomotul, problema se pune în punctele obligate ale traseului liniei, cînd se produce o apropiere de zone locuite sau cu activități industriale, în condițiile cerute de către norme, așa cum s-a arătat la capitolul 3.

Bibliografie

[1] Gary, C., Moreau, M. — *L'effet couronne en tension alternative*, Eyrolles, Paris, 1976.

[2] * * * — *Perturbations engendrees par l'effet de couronne des reseaux de transport*. Guide pratique de calcul, CIGRE, 1974.

[3] Gafițanu, M., Focșa, V., Merticaru, V., Biborosch, L. — *Vibrații și zgomote*, Editura Junimea Iași, 1980

[4] Cristescu, D., Ungureanu, M., Postolache, P., Măgureanu, G., Marinescu, N. — *Optimizarea construcției fazei din punctul de vedere al efectului corona (pierderi și perturbații) pentru LEA 400 kV echipate cu trei conductoare Ol—Al 450/75 pe fază*, Contract de cercetare științifică I.P.B. — ISPE, București, 1980.

[5] Cristescu, D., Ungureanu, M., Măgureanu, G., Postolache, P., Gîrleșteanu, E. — *Cercetări privind funcționarea în regim permanent din punctul de vedere al descărcării corona a liniilor dublu circuit de 400 kV cu trei conductoare pe fază (LEA Slatina—București Ilfov)*, Contract de cercetare științifică I.P.B.—ISPE, București, 1981.

(Primit la 26 aprilie 1982, acceptat la 9 iunie 1982)

Izolație termorigidă românească pentru mașinile electrice de înaltă tensiune din SEN — performanțe și comportare în exploatare

Ing. D. Zlatanovici, dr. Gh. Bălan, sing. F. Engster*

Introducere

În cadrul Sistemului Energetic Național există în exploatare un număr relativ mare de generatoare (turbo și hidro) și motoare electrice de înaltă tensiune a căror izolație este termoplastică de tipul compound sau micafoliu: aceste mașini au, în general, un număr mare de ore de funcționare (> 100 000 ore de funcționare) și izolația lor dă semne evidente de îmbătrînire, fiind necesare numeroase reparații locale sau înlocuiri ale barelor defecte.

În scopul modernizării acestor echipamente și creșterii siguranței lor în exploatare, ICEMENERG, în colaborare cu Energoreparații, a elaborat un sistem original de izolație termorigidă, cu materiale românești.

Noul sistem de izolație a fost asimilat de Energoreparații și este utilizat pentru rebobinarea generatoarelor și motoarelor electrice a căror izolație a fost deteriorată în urma unor avarii sau prezintă un grad avansat de îmbătrînire: pînă în prezent au fost rebobinate 8 generatoare de 10,5 kV, un generator de 6,3 kV și un mare număr de motoare de 6,3 kV.

Izolația propriu-zisă se realizează din micabenzi (țesătură de sticlă cu paiete de mică), preimpregnate cu rășini epoxidice de tipul P 722 fabricate de ICME București: presarea și polimerizarea se execută într-o presformă cu încălzire controlată, după un anumit ciclu temperatură-presiune-timp [1].

* Ing. D. Zlatanovici este cercetător științific pr., dr. ing. Gh. Bălan este cercetător științific pr. gr. I la ICEMENERG — F. Engster este subinginer la același institut.

1. Caracteristicile dielectrice, termice și mecanice ale izolației

Încercările pentru stabilirea caracteristicilor noului sistem de izolație s-au efectuat în conformitate cu standardele și normele românești și străine ISO, NF etc. S-au utilizat mostre executate în laborator și mostre prelevate din barele statorice executate de Energoreparații — pentru un generator de 10,5 kV.

Pentru a avea termen de comparație, s-au efectuat încercări și pe alte tipuri de izolații, utilizînd aceeași metodologie și aparatură de măsură: pentru acestea s-au utilizat mostre prelevate din bare statorice noi, din stocurile de rezervă ale centralelor electrice și mostre executate de Energoreparații, ICM Reșița și IMG București.

În tabelul 1 și figurile 1 și 2 se prezintă caracteristicile măsurate ale izolației termorigide românești, notată cu P722-ICEMENERG, și ale altor tipuri de izolații existente la mașinile electrice de înaltă tensiune din Sistemul Energetic Național.

Prin materialele utilizate, tehnologia de execuție și performanțele obținute, această izolație se încadrează în grupa izolațiilor termorigide, clasă B (130°C).

În general, toate caracteristicile sînt superioare izolațiilor termoplastice și la nivelul izolațiilor termorigide de tipul sliudoterm, isctenax, micalastic. Dintre aceste caracteristici se

Tabelul 1

Caracteristici electrice, termice și mecanice

Nr. crt.	Mărimea \ Tipul izolației	UM	Compound	Micafoliu	Sliudoterm	Isotenax	Micalastic	P 701 ICPEHR	P 701 IEPC	P 722 ICEMENERG
1	Gradientul de serviciu	$\frac{kV}{mm}$	1,3—1,6	1,3—1,7	1,6—1,9	3	3	2	2	2—2,5
2	Rigiditatea dielectrică la 20 °C	$\frac{kV}{mm}$	17	12—18	23	29	20	20—27	18—20	20—25
3	tg δ la 20°C	%	4,6—5,4	3,7—4,5	3,5	1,8	2	2	1,5	1,5—3
4	Δtgδ între 0,8 U_n și 0,2 U_n	%	<4	<4	<0,8	<0,5	<0,4	0,1—0,6	—	<0,5
5	Permitivitatea relativă la 20°C	u.r.	4,5	3,7	3	4,6	—	—	4,26—4,6	3,1
6	Rezistivitatea transversală la 20°C	Ωcm	10^{13}	10^{14}	10^{16}	10^{17}	—	—	—	$10^{15}—10^{16}$
7	Temperatura maximă de funcționare	°C	105	120	130	155	155	130	155	130
8	Conductibilitatea termică	$\frac{W}{cm\ grad}$	0,0016	0,0012—0,0015	0,0026	0,0034	—	—	—	0,0025—0,0035
9	Densitatea	$\frac{g}{cm}$	1,66	1,14	1,63	1,85	—	1,51	—	1,67
10	Rezistența la încovoiere	$\frac{kgf}{cm^2}$	30	60	230	—	—	—	—	100
11	Rezistența la tracțiune ∥ pe straturi ⊥ pe straturi	$\frac{kgf}{cm^2}$	580 410	700 —	1300—1700 550	1500—1900 —	— —	2100—2600 —	— —	1300 600
12	Rezistența la compresiune ∥ pe straturi ⊥ pe straturi	$\frac{kgf}{cm^2}$	— —	— —	700—800 2700—2800	800—1000 2800	— —	800—1000 2800	— —	— 2900
13	Absorbție apă în 24 h	%	13,4	57	0,98	2,7	—	2,7	—	0,12
14	Absorbție ulei în 24 h	%	8,8	40,5	0,38	3,3	—	3,3	—	0,43

remarcă valoarea ridicată a gradientului de serviciu de 2 — 2,5 kV/mm, valoarea rigidității dielectrice 20—25 kV/mm, situată în domeniul specific izolațiilor termorigide și valoarea bună a tgδ, 1,5—3 % la U_n (gradient 2,5 kV/mm).

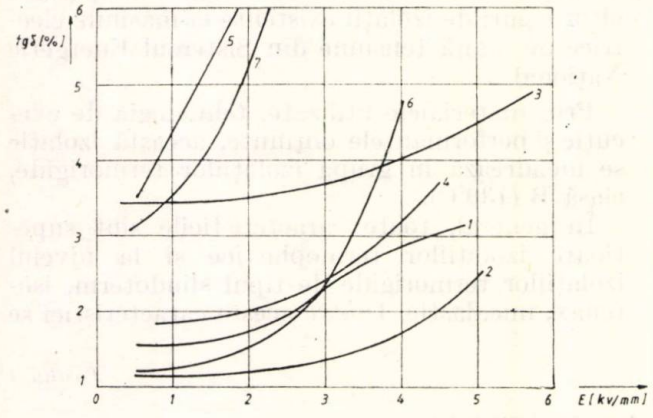


Fig. 1. Variația tgδ în funcție de gradientul de tensiune la 20°C.

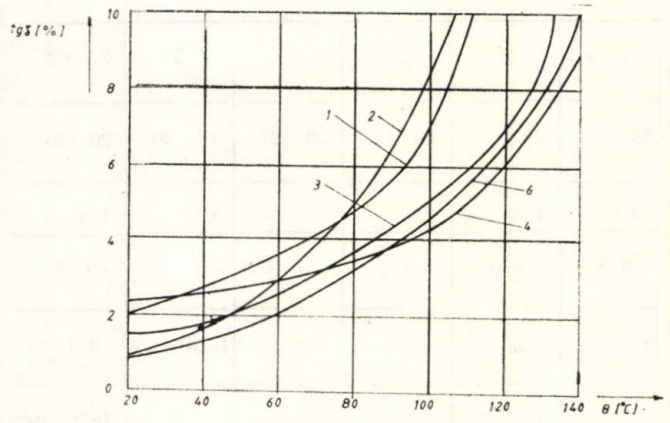


Fig. 2. Variația tg δ în funcție de temperatură (gradient 2,5 kV/mm): 1-P772 — ICEMENERG; 2-isotenax; 3-sliudoterm; 4-P701 — ICPEHR; 5-compound; 6-P701 — IEPC; 7 — micafoliu.

Din punct de vedere mecanic izolația P722-ICEMENERG se comportă satisfăcător, rezistența la tracțiune (paralel pe straturi) 1300 kgf/cm² și la încovoiere, 100 kgf/cm², fiind superioare valorilor pentru izolațiile termoplastice (500—800 kgf/cm² și respectiv 30—60 kgf/cm²). De asemenea, trebuie menționate valorile reduse ale indicilor de absorbție de apă și ulei — sub 0,5 % — în timp ce la izolațiile termoplastice acești indici ajung pînă la valori de 40—60 %.

2. Comportarea la solicitări electrice și termice de durată

Caracteristica de viață tensiune-timp, prezentată în figura 3, s-a determinat la palierele 12, 14, 16 și 18 kV/mm; mostrele au fost ținute sub tensiune alternativă constantă, pînă au străpuns (în ulei).

Caracteristica de viață temperatură-timp, prezentată în figura 4, tip Arrhenius, s-a determinat prin încercări la trei paliere de temperatură: 180,200 și 230°C, pentru izolațiile termorigide, și 130, 160 și 180°C, pentru izolațiile termoplastice. Criteriul de sfîrșit de viață utilizat a fost tensiunea de ținere 1 minut la 4 U_n (U_n s-a determinat în funcție de gradientul de serviciu și grosimea izolației mostrei).

Încercarea la îmbătrînire simultană termică și cu tensiune alternativă (fig. 5) s-a efectuat prin introducerea mostrelor într-un model de

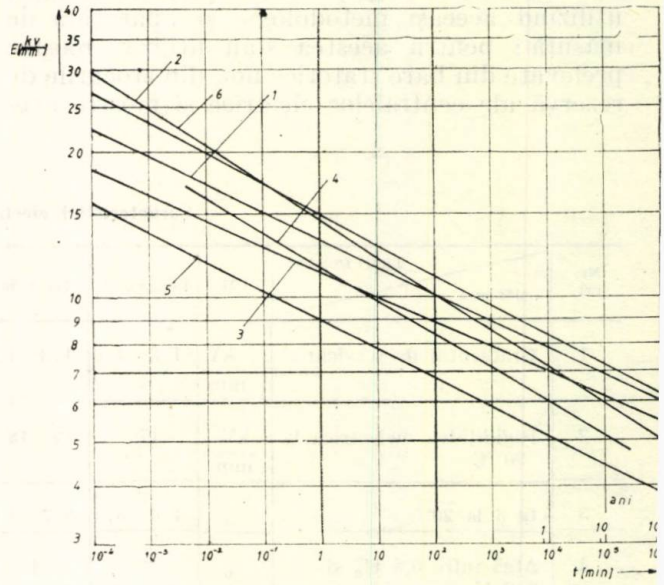


Fig. 3. Curbe de viață tensiune—timp: 1-P772-ICEMENERG; 2-isotenax; 3-sliudoterm; 4-P701-ICPEHR; 5-compound; 6-micalastic (Siemens).

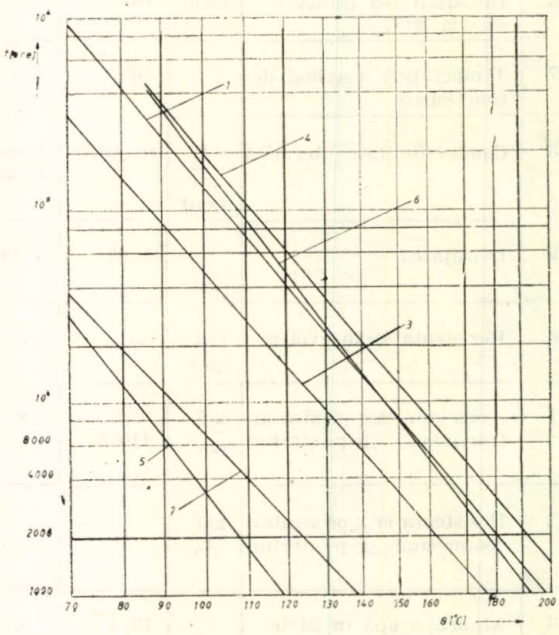


Fig. 4. Curbe de viață timp-temperatură: 1—P 722 — ICEMENERG; 3-sliudoterm; 4-P701 — ICPEHR; 5-compound; 6-micalastic (Siemens); 7-micafoliu E.R.

crestătură, încălzit cu ulei la 100°C pentru izolațiile termorigide și prin aplicarea unei tensiuni alternative de $3U_n/\sqrt{3}$. Criteriul de sfîrșit de viață utilizat a fost tensiunea de ținere 1 minut la $4U_n$. La fiecare 100 ore, s-a măsurat tgδ. În diagrama din figura 5 curbele se opresc în momentul străpungerii.

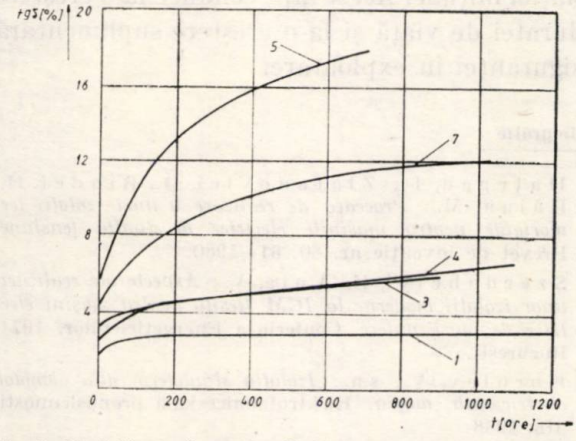


Fig. 5. Variația tg δ pentru U_n la încercarea de îmbătrînire accelerată simultană termică (130°C pentru 1, 3, 4 și 100°C pentru 5,7) și trensiune alternativă 3 $U_n/3$.

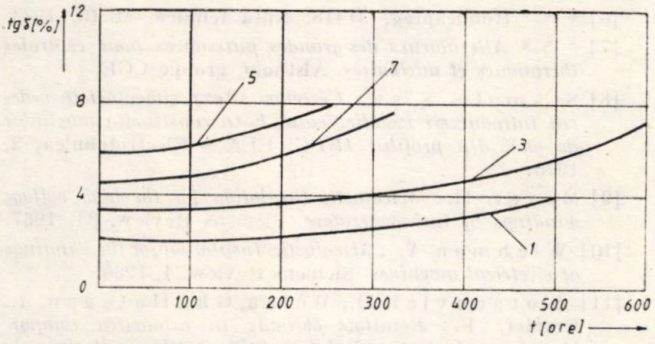


Fig. 6. Variația tgδ pentru U_n la încercarea de îmbătrînire la cicluri termice (40°C — 130°C, 50 min): 1 — P 722 — ICEMENERG; 3-sliudoterm; 4-P701 — ICPEHR; — 130°C, 50 min): 1—P722 — ICEMENERG; 3-sliudoterm; 4-P701 — ICPEHR; 5-compound; 7-micafoliu.

Încercarea la îmbătrînire la cicluri termice (fig. 6) s-a efectuat încălzind mostrele cu curent electric și răcindu-le cu niște ventilatoare, între limitele 40°C și 130°C pentru izolațiile termorigide și 40°C și 110°C pentru izolațiile termoplastice. Durata unui ciclu a fost de 50 minute, și anume 30 minute încălzire și 20 minute răcire. Criteriul de sfîrșit de viață a fost tensiunea de ținere 1 minut la $4U_n$. La fiecare 50 cicluri s-a măsurat tgδ.

Încercările de anduranță arată că izolația P722-ICEMENERG are o durată de viață de 2—10 ori mai mare decît a izolațiilor termoplastice și comparabilă cu cea a izolațiilor termorigide.

3. Comportarea în exploatare

Pentru urmărirea comportării în exploatare a izolației înfășurărilor statorice s-au efectuat, periodic, măsurători de tgδ și descărcări parțiale (DP). Măsurătorile s-au efectuat cu aceeași aparatură și în aceleași condiții de probe: temperatura înfășurării, presiunea agentului de răcire etc. Intervalul de timp între două măsurători succesive a fost în medie 7000 ore — un an pentru turbogeneratoare și doi ani pentru hidrogeneratoare.

Măsurătorile de tgδ și DP s-au executat pe fiecare fază în parte, celelalte două fiind legate la masă. Pentru tgδ măsurătorile s-au executat

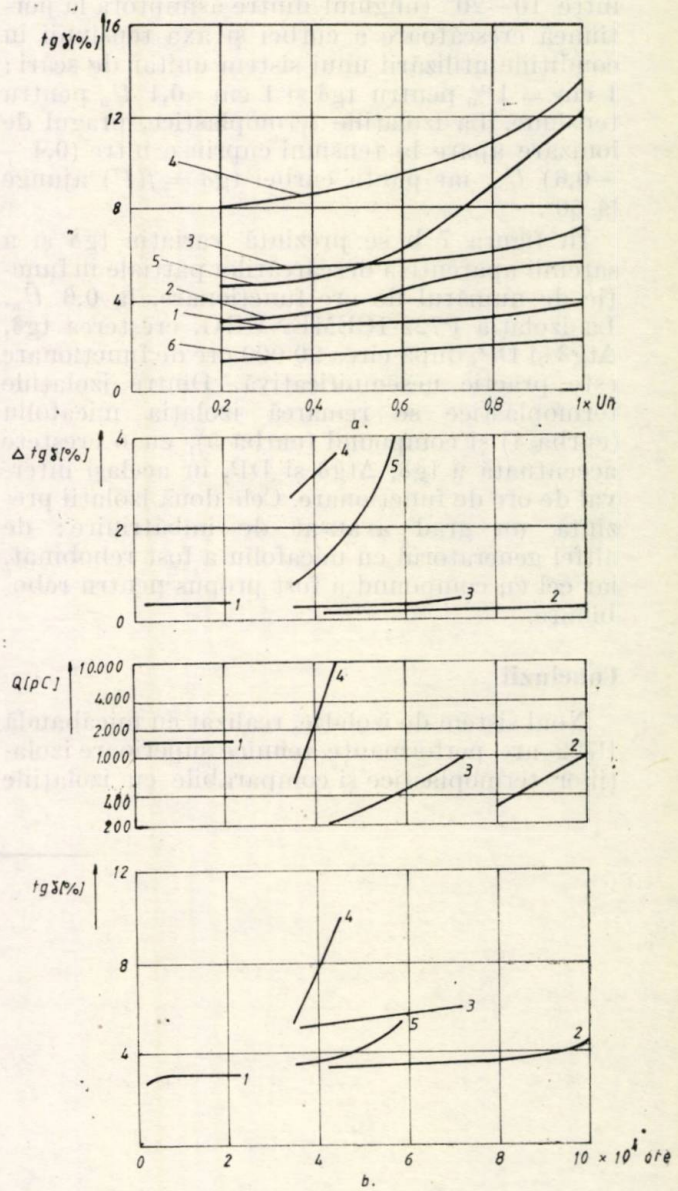


Fig. 7. Comportarea în exploatare a izolațiilor pentru U_n = = 10,5 kV: 1-P722 — ICEMENERG (HG·5 CHE Bicaz); 2-sliudoterm (TG. Buc. Sud); 3-compound ICMR (TG.2 Constanța); 4-compound (HG. 3 Gh. Gh. Dej); 5-micafoliu (HG. 6 Bicaz); 6-isotenax (TG. 4 Iași).

cu tensiune crescătoare la următoarele paliere: 0,2 U_n, 0,4U_n, 0,6 U_n, 0,8 U_n, U_n: creşterea tensiunii între paliere s-a făcut uniform şi fără reveniri la valori inferioare. Pentru DP măsurătorile s-u efectuat la 0,6 U_n, atît la creşterea tensiunii pînă la U_n, cît şi la scăderea ei.

În figura 7a se prezintă variaţia tgδ în funcţie de tensiune, pentru diverse tipuri de izolaţii ale unor generatoare cu tensiunca nominală egală cu 10,5 kV. Se observă că valorile tgδ, la izolaţia P722-ICEMENERG, sînt inferioare faţă de izolaţiile termoplastice (compound, micafoliu) şi comparabile cu izolaţiile termorigide (sliudoterm, isotenax). Pragul de ionizare apare la valori ale tensiunii mai mari de 0,8 U_n, iar panta curbei tgδ = $f(U)$ are valori cuprinse între 10—20° (unghiul dintre asimptota la porţiunea crescătoare a curbei şi axa tensiunii în condiţiile utilizării unui sistem unitar de scări: 1 cm = 1% pentru tgδ şi 1 cm=0,1 U_n pentru tensiune. La izolaţiile termoplastice, pragul de ionizare apare la tensiuni cuprinse între (0,4—0,6) U_n, iar panta curbei tgδ = $f(U)$ ajunge la 50°.

În figura 7 b se prezintă variaţia tgδ şi a sarcinii aparente a descărcărilor parţiale în funcţie de numărul de ore funcţionare, la 0,6 U_n. La izolaţia P722-ICEMENERG, creşterea tgδ, Δtgδ şi DP, după circa 20 000 ore de funcţionare este practic nesemnificativă. Dintre izolaţiile termoplastice se remarcă izolaţia micafoliu (curba 4) şi compound (curba 5), cu o creştere accentuată a tgδ, Δtgδ şi DP, în acelaşi interval de ore de funcţionare. Cele două izolaţii prezintă un grad avansat de îmbătrînire: de altfel generatorul cu micafoliu a fost rebobinat, iar cel cu compound a fost propus pentru rebobinare.

Concluzii

Noul sistem de izolaţie, realizat cu micabandă P722 are performanţe tehnice superioare izolaţiilor termoplastice şi comparabile cu izolaţiile termorigide moderne, de tipul sliudoterm, iso tenax etc. De asemenea, această izolaţie are o comportare corespunzătoare în exploatare.

Fiind destinată să înlocuiască izolaţiile termoplastice îmbătrînite, izolaţia P722-ICEMENERG va fi supusă unor solicitări electrice mai reduse, datorită menţinerii gradientului de serviciu al izolaţiei iniţiale. Acest fapt conduce la o creştere a duratei de viaţă şi la o creştere suplimentară a siguranţei în exploatare.

Bibliografie

[1] Haţegan, I., Zlatanovici, D., Binder, H., Bălan M.: *Procedeu de realizare a unei izolaţii termorigide pentru maşinile electrice de înaltă tensiune.* Brevet de invenţie nr. 80. 614/1980.

[2] Szerdahelyi, E., Voia, V.: *Aspecte ale realizării unor izolaţii moderne la ICM Reşiţa pentru maşini electrice de mare putere.* Conferinţa Energeticienilor, 1974, Bucureşti.

[3] Korolev, V., ş.a.: *Izolaţia sliudoterm dlia obmotok electriceskih maşin.* Elektrotehniceskaia promîşlennosti, 316, 1968.

[4] Bogdanova E., ş.a.: *Novie vidî izolaţii elektriceskih maşi vîsokovo napriajenia.* Sbornik Elektrosila, 24, 1965.

[5] Neidhöfer, G.: *Enroulements à barres Roebel pour grosses machines synchronnes* Rev. Brown Boveri, 1, 1970.

[6] * * * Romicapreg. J1418. Notă tehnică. Micfil, 1974.

[7] * * * *Alternateurs des grandes puissances pour centrales thermiques et nucléaires.* Alsthom, groupe CGE.

[8] Stamate, S. ş.a.: *Cercetări şi experimentări în vederea introducerii izolaţiei clasă F în construcţia maşinilor de 6kV din profilul IEPC.* EEA — Electrotehnica, 2, 1975.

[9] Meyer, H.: *Micalastic-Insulation for the high voltage windings of turbogenerators.* Siemens Review, 34, 1967.

[10] Wichman A.: *Micalastic-Insulation for the windings of electrical machines.* Siemens Review, 4, 1966.

[11] Zlatanovici, D., Bălan, Gh., Haţegan, I., Engster, F.: *Rezultate obţinute în urmărirea comportării în exploatare a izolaţiei înfăşurărilor statorice ale generatoarelor electrice.* Sesiunea ştiinţifică ICEMENERG, 1982, ref. 29, s. II.

(Primit la 4 octombrie 1982, acceptat la 4 februarie 1983,

Evoluția concepției de echipare a centralelor hidroelectrice de mare cădere din R.S. România

Ing. Gh. Opriș*

Caracteristicile tehnice al grupurilor din CHE de mare cădere din R. S. România sînt date în anexă. Centralele în funcțiune însumează o putere de circa 1633,42 MW repartizată pe 51 de grupuri, iar cele în construcție 1443 MW repartizată pe 30 grupuri, puterea medie pe grup fiind de 32 MW, respectiv de 48 MW. Această creștere a puterii medii unitare a grupurilor este rezultatul evoluției concepției de ansamblu a amenajărilor către scheme care concentrează debitele și căderile, precum și al dezvoltării posibilităților de fabricație.

Creșterea puterii unitare a grupurilor este redată în tabelul 1 și figura 1.

Grupurile puse în funcțiune înainte de anul 1970 au fost importate, cu excepția centralei Crăinicel (nr. crt. 6 și 7) ale cărei grupuri au fost fabricate în țară. Pentru centralele puse în funcțiune după 1970, precum și pentru cele aflate în construcție, grupurile au fost și vor fi fabricate în țară, cu excepția centralei Ciunget de pe Lotru (nr. crt. 16) ale cărei grupuri s-au fabricat parțial în țară, în cooperare cu o firmă franceză (Alsthom-Neyrpic).

În afară de evoluția înregistrată în privința creșterii puterii unitare a grupurilor, caracteristică pentru concepția de echipare a centralelor de mare cădere, este și utilizarea turbinelor Francis și Pelton pentru căderi din ce în ce mai mari (tabelul 2 și fig. 2), în prezent aflîndu-se în fabricație turbine Francis pentru o cădere maximă de 574 metri (CHE Retezat) cu o putere unitară de 167,5 MW. Turbine Francis de mare cădere (peste 400 m) sînt instalate în centralele

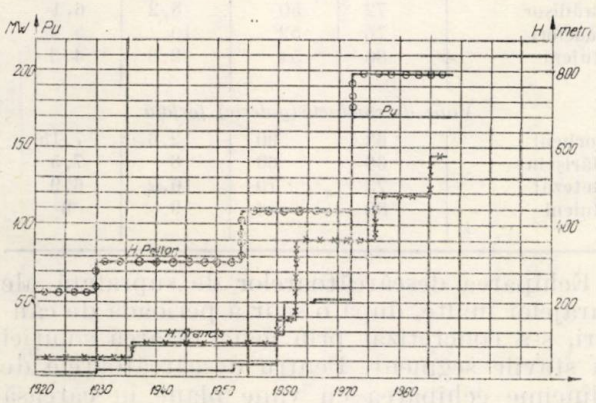


Fig. 1. Creșterea puterii unitare (P_u) și căderii (H) ale grupurilor de mare cădere.

* Gh. Opriș este ing. proiectat pr. gr. I la I.S.P.H.

Tabelul 1

Creșterea puterii unitare a grupurilor din CHE, de mare cădere

Anul p.i.f.	Centrala	Puterea centralei [MW]	Număr de grupuri [buc.]	Puterea unitară a grupului (MW)
	A. *Grupuri cu turbine Francis*			
1936	Mărul	3,9	2	1,95
1960	Stejaru Et. I	110	4	27,5
1961	Stejaru Et. II	100	2	50
1966	Corbeni	220	4	55
1976	Mărișelu	220	3	73,3
în execuție	Retezat	335	2	167,5
	B. *Grupuri cu turbine Pelton*			
1904	Grebla	4	3	1,35
1930	Dobrești	16	4	4
1953	Moroieni	15	2	7,5
1955	Sadu V	15,7	2	7,85
1972	Ciunget	510	3	170

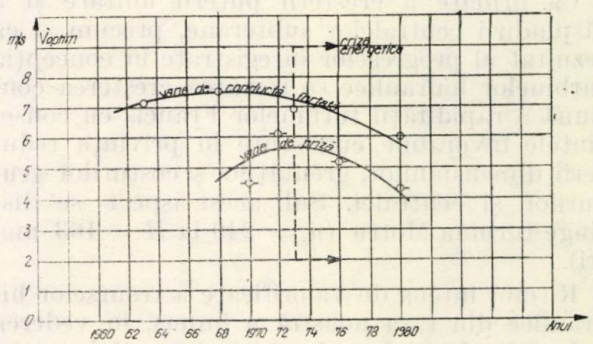


Fig. 2. Evoluția vitezei optime prin vane la CHE de mare cădere.

Mărișelu, Gîlceag, Retezat, Poiana Mărului și Nehoiașu-Surduc.

În domeniul turbinelor Pelton se remarcă trecerea la tipul vertical cu multe injectoare (cazul turbinei Ciunget echipată cu 6 injectoare).

Atît turbina Francis de la CHE Retezat, cît și turbina Pelton de la CHE Ciunget (Lotru) reprezintă mașini hidraulice de parametri record, ocupînd ambele locul 2 pe plan mondial, prima în privința parametrului $P_{max} \times H_{max}$(177,5 MW $\times$ $\times$ 574 metri), a doua în privința puterii unitare maxime (P_{max}=187 MW) la data fabricației (anul 1970).

Caracteristică pentru evoluția concepției de echipare este generalizarea dispoziției cu ax

Tabelul 2

Creşterea căderii turbinelor hidraulice din CHE de mare cădere

Anul p.i.f.	Centrala	Căderea maximă (metri)
	A. *Turbine Francis*	
1906	Someşul Rece	50
1936	Mărul	90
1960	Stejarul	149
1963	Sadu V Ext.	360
1976	Mărişelu	470
în execuţie	Retezat	574
	B. *Turbine Pelton*	
1904	Grebla	220
1930	Dobreşti	304
1954	Crăinicel	434
1972	Ciunget	788

vertical a grupurilor, mai compactă şi deci ocupînd mai puţin spaţiu. Această dispoziţie a fost promovată de creşterea puterii unitare şi de răspîndirea din ce în ce mai largă a centralelor subterane, rezultate ca mai economice pe ansamblul schemei. Astfel dacă din cele 21 de centrale în funcţiune numai 6 sînt subterane, din cele 18 centrale în construcţie 8 sînt subterane şi anume, cu unele excepţii, centralele mari.

Ca urmare a creşterii puterii unitare şi a răspîndirii centralelor subterane, precum şi ca rezultat al progreselor înregistrate în concepţia turbinelor hidraulice se remarcă creşterea continuă a rapidităţii turbinelor Francis cu consecinţele favorabile cunoscute în privinţa reducerii dimensiunilor, greutăţilor şi costurilor grupurilor şi centralei. Sub acest aspect se distinge turbina Motru ($n_s = 240$ la $H = 163$ metri).

Ritmul intens de valorificare a resurselor hidraulice din ţara noastră a impus, în vederea reducerii duratelor de proiectare, fabricaţie, construcţie şi montaj, necesitatea reutilizării acelorași grupuri în cît mai multe centrale. Deşi mai greu de realizat decît la schemele de joasă cădere totuşi şi în domeniul căderilor mari s-au obţinut realizări importante din acest punct de vedere. Astfel (cifrele din paranteză reprezintă nr. crt. din anexă):

— turbina Mărişelu (21) s-a reutilizat în CHE Gîlceag (23) şi Poiana Mărului (40), în total 6 bucăţi;

— turbina Şugag (27) s-a reutilizat în CHE Ruieni (39), în total 4 bucăţi;

— turbina Lereşti (34) s-a reutilizat în CHE Colibiţa (38) şi Măneciu (44), în total 3 bucăţi.

Deci pentru 13 turbine Francis s-au folosit numai 3 tipodimensiuni, ceea ce simplifică exploatarea acestor centrale.

În privinţa organelor de închidere ale caselor de vane de la priză sau de la capătul de sus al conductelor (galeriilor) forţate concepţia de echipare a evoluat atît sub aspectul tipului şi numărului organelor de închidere, cît şi în privinţa mărimii vitezei la trecerea prin acestea.

Varietatea mare de tipuri de vane utilizate în trecut s-a redus practic la două tipuri: vane plane la prizele de adîncime şi vane fluture la conductele (galeriile) forţate, aceasta ca urmare a experienţei acumulate de la lucrările mai vechi, dar şi din considerentul reducerii tipului de echipamente.

În privinţa numărului de vane concepţia a evoluat de la soluţia clasică cu două organe de închidere la priză şi două organe de închidere la capătul de sus al conductelor forţate, deci în total patru vane, către soluţii cu un număr mai redus de vane (3,2 sau 1), funcţie de mărimea centralei, volumul lacului de acumulare, lungimea aducţiunii, tipul conductei forţate (conductă sau galerie) şi mărimea căderii centralei, factori care reflectă varietatea de scheme adoptate, aprecierea gradului de siguranţă făcîndu-se funcţie de aceşti factori.

Mărimea vitezei la trecerea prin aceste vane rezultată din calcule de optimizare a înregistrat o perioadă de timp o creştere continuă. Această tendinţă a fost oprită de apariţia crizei energetice, în prezent rezultînd o scădere a acestei viteze (vezi tabelul 3).

Atît pentru vanele plane, cît şi pentru vanele fluture s-au tipizat secţiunile şi presiunile de calcul, ceea ce a permis un grad mare de reutilizări de echipamente.

Tabelul 3

Evoluţia vitezei prin vane

Centrala	Anul proiectării	Debitul instalat [m³/s]	Secţiunea prin vane [m²]	Viteza prin vane [m/s]
	Vanede priză			
Sugag	70	50	11	4,5
Brădişor	72	50	8,2	6,1
Săsciori	76	52	10	5,2
Ruieni	80	54	12,6	4,3
	Vane de conductă (galerie) forţată			
Corbeni	63	90	12,6	7,15
Mărişelu	68	60	8	7,5
Retezat	73	70	10,2	6,9
Ruieni	80	54	9	6

Echiparea descărcătoarelor de suprafaţă ale barajelor înalte, după o scurtă perioadă de căutări, s-a concretizat prin generalizarea soluţiei cu stavile segment. Pentru descărcătoarele de adîncime echiparea cu vane plane în carcasă constituie soluţia curentă utilizată pentru secţiuni mici (de regulă sub 4 m²), indiferent de presiune. Pentru secţiuni mai mari şi presiuni sub 50 mH_2O se utilizează vane segment.

Grupuri cu puteri unitare de peste 1 MW din CHE de mare cădere (H peste 50 m)

— Parametrii de bază —

Nr. crt.	Denumirea centralei	Anul p.i.f.	Puterea nominală a grupului (MW)	Turația nominală (rot/min)	Nr. de grupuri	Poziția axului	TURBINA			GENERATORUL		
							Tipul	P_{max} (MW)	H_{max} (m)	P (MVA)I	U (kV)	Cos φ
1	Grebla	1904	1,36	312	1(3)	O	P	1,5	220	2	5,5	—
2	Someșul Rece	1906	1	500	2	O	F	1,1	50	1,5	3,15	0,7
3	Dobrești	1930	4	500	4	O	P	4,1	304	5	6,6	—
4	Mărul	1936	1,95	750	2	O	F	2,1	90	—	—	—
5	Moroeni	1953	7,5	375	2	O	P	7,9	223	9,4	6,3	—
6	Crăinicel[2]	1954	2,94	750	2	O	P	3,1	434/323	4,2	6,6	0,7
7	Crăinicel	1954	1,19	750	2	O	F	1,2	70	1,7	6,6	0,7
8	Sadu V	1955	7,85	500	2	O	P	8,2	398	9,6	6,3	—
9	Stejaru Et. I	1960	27,5	428	4	V	F	29	149	31,5	10,5	0,85
10	Stejaru Et. II	1961	50	300	2	V	F	54	145	50	10,5	1
11	Sadu V.-Ext.	1963	10	1000	1	V	F	11	360	12,5	6,3	—
12	Corbeni	1966	55	428	4	V	F	56,5	300	61	10,5	0,9
13	Cumpăniţa	1968	4,8	500	1	O	F	5,3	95	6,2	6,3	0,8
14	Vilsan	1969	5	500	1	O	F	5,3	106	6,2	6,3	0,8
15	Paltinul	1972	5	600	2	V	F	5,3	90	5,8	6,3	0,9
16	Ciunget	1972—73 și 74	170	375	3	V	P	187,5	788	185	15,75	0,9
17	Tarniţa	1974	22,5	300	2	V	F	23,5	79	25,5	10,5	0,9
18	Grebla-Modernizare	1975	5,4	750	2	O	F	5,6	214	6,8	6,3	0,9
19	Leșu	1976	3,7	500	1	V	F	3,9	50	4,2	6,3	0,9
20	Poiana Uzului	1976	3,4	600	1	V	F	3,6	72,6	3,82	6,3	0,9
21	Mărișelu	1976	73,3	600	3	V	F	85,5	470	90	15,75	0,9
22	Motru	1978	25	750	2	V	F	31,5	210	34	10,5	0,9
23	Gîlceag	1980	75	600	2	V	F	83,5	456	83	15,75	0,9
24	Gura Riului	1981	3,5	500	1	V	F	3,8	63	4,2	6,3	0,9
25	Brădișor	1982	57,5	375	2	V	F	60	132	62	10,5	0,9
	Centrale în construcție											
26	Tismana	—	53	428	2	V	F	61,5	253	66	10,5	0,9
27	Sugag	—	75	428	2	V	F	78	368	85	15,75	0,9
28	Clocotiș	—	10	600	1	V	F	13	119	14	6,3	0,9
29	Remeţi	—	50	428	2	V	F	58	331	60,5	10,5	0,9
30	Munteni	—	29	500	2	V	F	31,5	144	32,6	10,5	0,9
31	Retezat	—	167,5	500	2	V	F	183	574	186	15,75	0,9
32	Clăbucet	—	32	500	2	V	F	33	257	35,5	10,5	0,9
33	Scropoasa	—	6	1000	2	V	F	6,3	232	6,85	6,3	0,9
34	Lereşti	—	19	600	1	V	F	23	177	22,5	10,5	0,9
35	Voineşti	—	6	600	1	V	F	6,7	75	7,15	6,3	0,9
36	Săsciori	—	21	375	2	V	F	25	107	24	10,5	0,9
37	Herculane — G1	—	25	600	1	V	F	29	238	29	10,5	0,9
38	Colibiţa	—	21	600	1	V	F	23,5	175	22,5	10,5	0,9
39	Ruieni	—	70	428	2	V	F	78	368	85	15,75	0,9
40	Poiana Mărului	—	80	600	1	V	F	83,5	456	83	15,75	0,9
41	Riul Alb	—	40	500	1	V	F	43	258	45	10,5	0,9
42	Nehoiașu-Siriu	—	21	600	2	V	F	30	201	36	10,5	0,9
43	Nehoiașu-Surduc	—	86	600	2	V	F	92	518	100	15,75	0,9
44	Mănecciu	—	21	600	1	V	F	22	153	22,5	10,5	0,9

(Primit la 21 iunie 1982, acceptat la 21 octombrie 1982)

Aspecte tehnico-economice privind folosirea fundațiilor prefabricate la construcția LEA de joasă tensiune

Pe baza studiului întocmit de IRE Deva „Fundații burate consolidate cu plăci din beton armat pentru rețelele de joasă tensiune", SCM-IRE Craiova a trecut la generalizarea acestei soluții. Astfel au fost executate un număr de aproximativ 1000 plăci din beton armat, ce au fost utilizate în locul fundațiilor turnate din beton simplu pentru lucrări de reparații capitale la rețelele de joasă tensiune. Așa, de exemplu, în cadrul lucrărilor executate în 1980 și 1981 au fost utilizate un număr de 615 plăci, după cum urmează :

— R.K.J.T. Recea (jud. Mehedinți), la 20 de fundații s-au utilizat 120 plăci de beton armat.

— R.K.J.T. Coțofenii din Față (jud. Dolj), la 56 fundații s-au utilizat 280 plăci din beton armat.

— R.K.J.T. Galicea (jud. Dolj), la 43 fundații s-au utilizat 215 plăci din beton armat.

La fundațiile burate consolidate cu plăci din beton armat se obțin o serie de avantaje față de fundațiile executate din beton simplu, dintre care enumerăm :

— reducerea consumului de ciment de circa 15 ori ;
— reducerea cheltuielilor de transport a balastului și cimentului de peste 15 ori ;
— reducerea timpului de execuție a fundațiilor ;
— eliminarea totală a pierderilor de balast și ciment ;
— eliminarea utilajelor (tractor cu remorcă) pentru transport apă ;
— reducerea pagubelor produse în agricultură datorită intrării în teren pentru transportul produselor de balastieră.

Se dau mai jos, spre comparație, consumul de beton, valoarea materialului și a manoperei pentru fundațiile stîlpilor în cele două variante.

Tabelul 1

Tip fundație	Fundație turnată			Fundație consolidată		
	Beton B.100 m³	Material, lei	Manoperă, lei	Beton B—200, m³	Material, lei	Manoperă lei
SE—10	3,25	421	317	0,115	108	66
SE—11	3,5	458	376	0,216	219	126
SC.10.005	2,7	387	401	0,156	146	68

Notă : fundațiile consolidate includ și valoarea plăcilor necesare. Valorile sînt date în prețuri 1981.

Din tabel se deduc marile avantaje pe care le oferă fundațiile burate, consolidate cu plăci din beton armat, față de fundațiile turnate din beton simplu, în condițiile actuale de reducere a cotelor de carburanți pentru mijloacele auto și reducerea consumului de ciment.

Ing. Purcaru Dumitru — SCM Craiova

(54) Titlul : Transformator cu reglaj continuu al tensiunii sub sarcină

(72) Inventator : ing. Dorel Cernomazu
(22) Data înregistrării : 10.01.1978
(45) Data publicării : 30.05.1980
(51) Clasificarea internaţională : H 01 F 29/06
(11) Brevet România nr. 74508
(73) Titular Întreprinderea de reţele electrice Bacău

Invenţia se referă la un transformator cu reglaj continuu al tensiunii sub sarcină, constituind o perfecţionare a invenţiei principale cu descrierea nr. 67620.

Transformatorul, conform invenţiei principale, avînd un miez magnetic pentru execuţia monofazată, are înfăşurarea secundară rotitoare, prin antrenarea ei cu un motor electric. Tensiunea secundară este obţinută între o perie culisantă, care alunecă pe suprafaţa exterioară dezizolată a înfăşurării secundare, şi o altă perie, rotitoare, legată electric cu extremitatea superioară a înfăşurării secundare şi care presează tot timpul pe un disc colector din material feromagnetic.

Această construcţie, conform invenţiei principale, prezintă dezavantajul necesităţii secţionării coloanei miezului magnetic al transformatorului, în vederea introducerii discului colector, complicînd astfel tehnologia de execuţie şi mărind sensibil curentul de mers în gol al transformatorului.

Transformatorul, conform invenţiei, înlătură dezavantajele sus-menţionate, prin aceea că, în scopul evitării secţionării sau perforării coloanelor miezului magnetic pentru introducerea discului colector feromagnetic, peria colectoare rotitoare — executată, de preferinţă, din cupru — apasă atît pe două sectoare circulare, ale suprafeţei inferioare ale jugului superior al miezului magnetic, cît şi pe două porţiuni ale suprafeţelor superioare ale profilurilor de presare a jugului superior, circuitul înfăşurării secundare a transformatorului închizîndu-se cu ajutorul unei plăci metalice de contact — — montată pe profiluri — şi aflată în contact cu acestea şi cu tolele jugului superior, în două zone ale acestuia.

Se dă în continuare un exemplu de realizare a invenţiei, ilustrat cu figurile 1—3, care reprezintă :

— figura 1, vedere laterală a transformatorului şi schema electrică a înfăşurării secundare ;

— figura 2, vedere de sus a transformatorului ;

— figura 3, secţiune transversală prin transformator, după traseul A—A.

Transformatorul, conform invenţiei, este constituit dintr-un miez magnetic monofazat 1 de tip manta, care are montate concentric pe coloana centrală o înfăşurare primară 2 şi o înfăşurare secundară 3, fixată pe un cilindru electroizolant 4, acţionabil de către un motor electric prin intermediul unei coroane dinţate 5 şi al unui şurub melcat 6. Pe suprafaţa exterioară dezizolată a înfăşurării secundare 3 apasă o perie 7, care culisează pe un arbore filetat 8, acţionată de acesta. Mişcarea de rotaţie a arborelui 8 este sincronizată cu mişcarea de rotaţie a înfăşurării secundare 3. La extremitatea superioară a înfăşurării secundare — şi în contact electric cu aceasta — este fixată o perie 9, care se roteşte odată cu înfăşurarea secundară 3. Peria rotitoare 9 este executată, de preferinţă, din cupru.

În timpul unei rotaţii de 360° a periei 9, aceasta apasă pe două sectoare circulare *a* şi *b* ale suprafeţei inferioare a jugului superior al miezului magnetic, precum şi două porţiuni *c* şi *d* — tot de forma unor sectoare circulare — aparţinînd suprafeţelor superioare a două profiluri 10 de presare a jugului superior. În figura 3, sectoarele circulare *a*, *b*, *c* şi *d* au fost reprezentate cu linie întreruptă ; s-a însemnat cu săgeţi succesive unul din sensurile posibile de rotire a periei 9.

La partea superioară a miezului magnetic al transformatorului este fixată o placă metalică 11, pentru realizarea contactului electric atît cu profilurile 10, cît şi cu tolele jugului superior în zonele a două suprafeţe *e* şi *f*. Pe placa metalică 11 este fixată o bornă de contact 12, legată electric la pămînt.

Circuitul înfăşurării secundare 3 a transformatorului se închide astfel fie prin tolele jugului superior — în cazul în care peria 9 apasă pe sectoarele circulare *a* sau *b*, fie prin profilurile 10, în cazul în care peria 9 apasă pe sectoarele *c* sau *d* — în ambele cazuri, însă, în acest circuit intrînd şi placa metalică 11 cu borna 12.

Suprafaţa de contact a periei 9 este astfel aleasă, încît rezistivitatea porţiunii de circuit electric realizată prin tolele jugului sau prin profilurile 10 de presare să fie similară celei a conductorului înfăşurării secundare 3.

Transformatorul, conform invenţiei, prezintă avantajul evitării secţionării coloanelor miezului magnetic.

Revendicare

Transformator cu reglaj continuu al tensiunii sub sarcină conform invenţiei principale cu descrierea nr. 67620, caracterizat prin aceea că, în scopul evitării secţionării sau perforării coloanelor miezului magnetic, pentru introducerea dis-

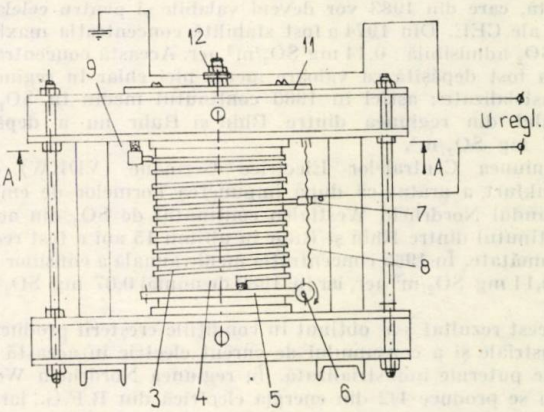


Fig. 1.

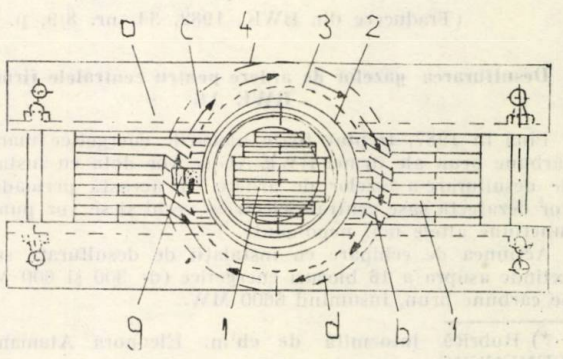


Fig. 2.

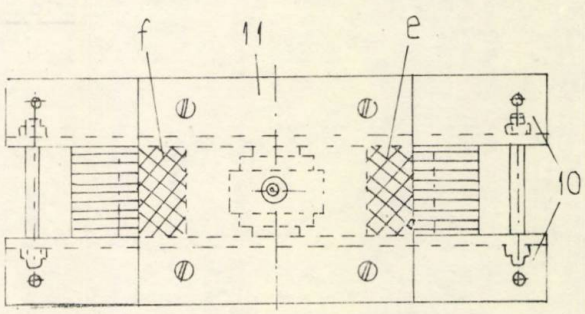


Fig. 3.

* Rubrică întocmită de ing. C. Văideanu—ICEMENERG.

cului colector feromagnetic, peria colectoare 9 — executată, de preferință, din cupru — apasă atît pe două sectoare circulare (*a* și *b*) ale suprafeței inferioare a jugului superior al miezului magnetic, cît și pe două porțiuni (*c* și *d*) ale suprafețelor superioare ale profilurilor 10 de presare a jugului superior, circuitul înfășurării secundare 3 a transformatorului închizindu-se cu ajutorul unei plăci metalice 11 de contact — montată pe profiluri 10 și aflată în contact cu acestea și cu tolele jugului superior în două zone (*e* și *f*) ale acestuia.

Noutăți tehnico-științifice*

Țările din Comunitatea Economică Europeană vor avea din aprilie 1983 norme unitare pentru concentrațiile limită ale SO_2-ului din aer

Începînd cu aprilie 1983 se vor introduce norme unitare pentru conținutul SO_2-ului în aer în țările Comunității Economice Europene. Legile naționale de protecție a mediului vor cuprinde directivele date în 1980 de Consiliul CEE.

În R.F.G. protecția mediului înconjurător este deja legiferată : încă din 1974 s-au respectat în această țară valorile limită, care din 1983 vor deveni valabile și pentru celelalte țări ale CEE. Din 1974 a fost stabilită concentrația maximă de SO_2 admisibilă : 0,14 mg SO_2/m^3 aer. Această concentrație nu a fost depășită ca valoare medie nici chiar în regiunile industrializate ; astfel în 1980 conținutul mediu în SO_2 al aerului din regiunea dintre Rhin și Ruhr nu a depășit 0,07 mg SO_2/m^3.

Uniunea Centralelor Electrice Germane (VDEW) din Frankfurt a arătat că după impunerea normelor de emisie în landul Nordrhein Westfalen conținutul de SO_2 din aerul din ținutul dintre Rhin și Ruhr în ultimii 15 ani a fost redus la jumătate. În 1965 concentrația medie anuală a emisiilor era de 0,14 mg SO_2/m^3 aer, iar în 1980 de numai 0,07 mg SO_2/m^3 aer.

Acest rezultat s-a obținut în condițiile creșterii producției industriale și a consumului de curent electric în această regiune puternic industrializată. În regiunea Nordrhein Westfalen se produce 1/2 din energia electrică din R.F.G., iar în perioada amintită producția de energie electrică în acest land s-a dublat.

(Traducere din BWK, 1982, 34, nr. 8/9, p. 373)

Desulfurarea gazelor de ardere pentru centralele firmei RWE AG

Pînă în 1987, treptat toate blocurile energetice mari pe cărbune brun ale firmei RWE AG se vor dota cu instalații de desulfurare a gazelor de ardere. În această perioadă se vor dezafecta șase centrale electrice vechi și se vor pune în funcțiune altele noi, nepoluante.

Acțiunea de echipare cu instalații de desulfurare se va extinde asupra a 16 blocuri energetice (de 300 și 600 MW) pe cărbune brun, însumînd 6600 MW.

Graficul de punere în funcțiune a instalațiilor de desulfurare prevede să se ajungă de la emisii de 400 000 t SO_2/an în momentul de față la emisii de 55 000 — 60 000 t SO_2/an în 1987.

Instalațiile de desulfurare se vor construi pe principiul desulfurării uscate prin aditivare cu var. Se consideră necesar în prima etapă un consum de var de 500 000 t/an.

(Traducere din BWK, 1982, 34, nr. 8/9, p. 393)

Epurarea gazelor arse prin absorbție — spray-dry

Sistemul de desulfurare Niro Atomizer este un așa-numit procedeu uscat de epurare. Gazul ars se introduce într-un turn de absorbție în care absorbantul este atomizat de un disc centrifugal așezat central. Această așezare centrală permite realizarea unei amestecări intime a absorbantului cu gazele arse, cu un randament ridicat al procesului de absorbție și o flexibilitate a controlului procesului. Pentru reținerea particulelor se pot utiliza fie electrofiltre, fie filtre cu saci de filtrare.

Existența unor instalații independente de evacuare a pulberii uscate de la baza turnului de uscare-absorbție și de la separatorul de praf garantează o trecere nestingherită a gazului ars prin sistem, în orice condiții de exploatare.

Un sistem de recirculare a produsului de la desulfurare face posibilă utilizarea calităților cenușii zburătoare, reduce consumul de absorbant și împiedică depunerea pe conducta de alimentare.

Datele obținute de la testele spray-dry indică o îndepărtare în bună măsură a SO_2, HCl, HF și H..., ca și a metalelor grele (astfel concentrația vaporilor de mercur din gazele arse scade cu 80%, iar după desprăfuire cu 90—95%). Temperatura la ieșire a gazului din turnul de uscare-absorbție este de 140°C.

Din desulfurare rezultă un produs pulverulent uscat. Proprietățile alcaline ale acestuia îi conferă capacitatea de a capta metalele grele.

Absorbantul atomizat este un produs pe bază de calciu și produsul final este $CaSO_3$, $CaSO_4$, CaF_2 și $Ca Cl_2$.

(Traducere din BWK, 1982, 34 nr. 8/9, p. 423—424)

*) Rubrică întocmită de chim. Eleonora Ataman — ICEMENERG.

A III-a consfătuire anuală privind stocarea energiei termice

În ziua de 22 februarie 1983 a avut loc la ICEMENERG-București a III-a consfătuire anuală privind stocarea energiei termice, cu tema : „Instalații de acumulare a căldurii în sisteme individuale și centralizate de încălzire și de preparare a apei calde menajere".

Consfătuirea a fost organizată de către Colectivul de acumulare de căldură din ICEMENERG.

Lucrările reuniunii au fost prezidate de dr. ing. Călin Mihăileanu, directorul general al Institutului Central de Cercetări Energetice. În cuvîntul introductiv a subliniat importanța și actualitatea problemei stocării energiei termice ; a remarcat interesul deosebit al tematicii, manifestat și prin participarea la această consfătuire a circa 50 specialiști din 14 institute de cercetare, proiectare și întreprinderi din București și alte localități ale țării.

Ing. Alexandru Mihăilă, șeful Ccolectivului de acumulare de căldură din ICEMENERG a prezentat, în numele colectivului de organizare, propuneri privind modul de desfășurare a reuniunii. A inaugurat dezbaterea propriu-zisă, prezentînd principalele efecte ale stocării căldurii în rețele și în instalații de acumulare amplasate în zonele de consum asupra economicității unui sistem de termoficare. În condițiile în care centralele electrice de termoficare pe combustibili solizi sau nucleari nu mai pot fi amplasate în zonele de consum termic, dispunerea instalațiilor de acumulare (IA) în aceste zone permite reducerea investițiilor în magistralele de transport, care se vor dimensiona numai pentru consumul termic de bază. Soluția cu IA amplasate în zonele de consum, permite înlocuirea parțială sau totală a puterii de vîrf, reprezentată de cazanele de apă fierbinte ; consumul de vîrf se asigură din grupuri de termoficare funcționînd în regim de bază cu o sarcină ușor majorată, ceea ce permite umplerea acumulatoarelor în perioadele de gol de sarcină. Pe această cale se majorează corespunzător și cantitatea de energie electrică produsă în regim de termoficare, cu avantajele care derivă din producerea combinată a energiei electrice și termice. Dintre problemele implementării IA în zonele de consum ale sistemelor de termoficare s-au menționat dificultățile de realizare a rezervoarelor de presiune necesare IA introduse într-o rețea cu temperaturi de transport mai mari de 100°C, interacțiunea presiunii de lucru a IA cu regimul hidraulic al rețelei chiar la temperaturi de transport sub 100°C ș.a. S-a menționat, de asemenea, că ICEMENERG se preocupă de probleme ale stocării pe termen lung în sisteme mari subterane și în instalații cu hidruri metalice funcționînd pe principiul reacțiilor chimice reversibile.

Ing. Constantin Popescu, șeful Secției tehnologii de conservare și recuperare a resurselor energetice din ICEMENERG, a subliniat activitatea amplă din institut pentru realizarea unei instalații de acumulare cu apă fierbinte și săruri topite, destinată unei centrale solaro-electrice de înaltă temperatură.

Ing. Achile Petrescu, consilier la IPCT, a trecut în revistă lucrările realizate în institut privind utilizarea rezervoarelor de acumulare din beton tipizate, de diferite capacități, pentru instalații de încălzire și de preparare a apei calde cu energie termică solară sau din resurse energetice secundare. O atenție particulară s-a acordat în acest cadru stocării pe termen lung, iar rezultatele evaluărilor tehnico-economice sînt încurajatoare. Astfel, utilizarea rezervoarelor la presiune atmosferică pentru stocarea sezonieră a energiei solare în vederea încălzirii în sezonul rece, necesită cheltuieli de investiții care se pot recupera din economiile de combustibil, față de soluția cu centrală termică, în circa 15 ani, iar în cazul căldurii provenind din resurse recuperabile, această durată se reduce la 5—6 ani. În cadrul lucrărilor realizate, IPCT a examinat și celelalte posibilități de acumulare și anume : materiale cu schimbare de fază pentru instalații cu ciclu diurn și în sfărîmături de roci, pentru instalații cu ciclu diurn sau de mai lungă durată, precum și stocarea subterană în sol sau acvifere, pentru care nu sînt însă suficiente date necesare unor proiecte concrete.

INCERC, a arătat ing. Dan Constantinescu — șeful colectivului de Cercetare fundamentală pentru energie solară — a continuat activitatea de cercetare a stocării căldurii în sfărîmături de roci pentru sisteme de încălzire cu aer cald a spațiilor. S-au folosit metode de feed-back, adică modelarea matematică a procesului a fost testată pe un pilot experimental, astfel că în prezent se dispune de un program de calcul de casă, cu ajutorul căruia se poate analiza și optimiza orice structură. O primă aplicație de acest tip o constituie instalația de uscare a agregatelor pentru o stație de betoane. De asemenea, se examinează posibilitatea de stocare în sol a căldurii reziduale din resurse recuperabile, deoarece stocarea pe termen lung a căldurii solare în rezervoare conduce la termene de recuperare depășind 30 ani, deci nu de 15 ani cît rezultă din proiectul IPCT. Pentru a se reduce aceste termene, trebuie avute în vedere instalații foarte simple, aproape rudimentare și în consecință necostisitoare. Acumularea în instalații cu schimbare de fază se poate dovedi eficientă pentru stocarea de scurtă durată, cu condiția ca partea tehnologică să nu fie dificilă. În ceea ce privește stocarea pe termen lung, în special pentru căldură din resurse recuperate, soluția de acumulare în sol sau în roci sfărîmate rămîne în competiție, urmînd ca decizia să fie luată în funcție de costurile instalațiilor în cele două variante.

Dr. Olga Biță, cercetător principal la ICSITEE, a prezentat consfătuirii cercetările efectuate în acest institut privind tehnologia de lucru cu materialele de stocare de tipul cu schimbare de fază, în special săruri hidratate pentru stocare la temperaturi sub 100°C. Pentru asemenea materiale s-au studiat coroziunea și problemele de protecție a muncii împotriva acțiunii lor toxice în anumite circumstanțe. În acest context, s-au examinat diferite soluții de încapsulare a materialului de stocare în oțel inox, oțel carbon, PVC. De asemenea, s-au realizat și încercat diferite modele de schimbătoare de căldură umplute cu material de stocare ; se încearcă utilizarea materialului de stocare direct în corpul de încălzire și transportul căldurii de la captator cu ajutorul fluidului antigel, ceea ce permite extinderea duratei de utilizare a instalațiilor de captare solare. Problema realizării componentelor pentru instalații de stocare de acest tip este foarte importantă, în anumite cazuri ; în prezent, numărul fabricanților pe plan mondial este foarte scăzut.

Cercetătorul principal chimist Mariela Constantinescu de la Centrul de chimie fizică ICECHIM, a intervenit în dezbatere cu o serie de precizări privind studiul materialelor cu schimbare de fază pentru acumulare de căldură. A menționat instalația pilot cu aldehidă maleică, realizată împreună cu ICPE și destinată unui sistem de încălzire a spațiilor de locuit, instalație la care urmează să înceapă în curînd experimentările. Pentru sisteme de acumulare la temperaturi ridicate, la Centrul de chimie fizică se studiază, în prezent, carbonații.

Stocarea căldurii prin reacții chimice reversibile a fost evocată în cadrul dezbaterii de dr. ing. Paul Ghețe de la Institutul de tehnologie izotopică și moleculară Cluj-Napoca. În acest context au fost menționate capacitățile volumetrice specifice, foarte mari, de stocare a căldurii ale hidrurilor metalice în comparație cu alte materiale de stocare. Astfel, capacitatea specifică de stocare este de 190 kcal/dm^3 pentru $FeTiH_2$, de 355 kcal/dm^3 pentru Mg_2NiH_2 și de 496 kcal/dm^3 pentru Mg_2H, în timp ce pentru apă această capacitate este de 1 kcal/dm^3 °K. În același timp, hidrurile sînt un mijloc de stocare foarte eficace a hidrogenului ; cantitatea de hidrogen conținută într-un dm^3 de hidrură poate

depăşi pe cea conţinută într-un dm^3 de hidrogen lichid. Stocarea căldurii în hidruri se poate face pe termen nedefinit şi cu randamente de peste 80%. Totodată, sistemele de stocare cu două hidruri funcţionează şi ca pompă de căldură; acestea nu au elemente în mişcare şi sînt deosebit de atractive atît pentru stocarea cu ciclu scurt, cît şi pe termen lung. În prezent ITIM realizează pentru ICEMENERG prima instalaţie de stocare a căldurii şi a hidrogenului cu ajutorul hidrurii de fier-titan.

Dr. Vladimir Fara a prezentat pe scurt lucrările care se efectuează la Catedra de fizică a Institutului Politehnic Bucureşti în domeniul stocării căldurii. Printre acestea sînt de remarcat cercetările realizate împreună cu Catedra de chimie fizică asupra materialelor de stocare cu schimbare de fază. S-au realizat, de asemenea, studii de laborator prin metode de interferometrie holografică pentru elucidarea unor procese de transfer de căldură. În acelaşi scop, s-a efectuat şi o modelare matematică a unor procese de schimb termic, care intervin în instalaţia de acumulare, precum şi o modelare stocastică pentru radiaţia solară. S-a mai lucrat pentru implementarea unor instalaţii pilot în industrie, iar în prezent se definitivează un model de acumulator termic cu parafină.

Ing. Tudor Drăgănescu a menţionat că ICPAIAC a întocmit împreună cu ICPT un proiect pentru stocare în apă; nu a fost însă aprobată investiţia necesară. În acelaşi timp, se continuă lucrările cu ICPE şi CCF-ICECHIM pentru proiectarea şi realizarea schimbătoarelor de căldură necesare acumulatorului cu săruri topite de la centrala solaro-eoliană ICPE. Remarcabile sînt experimentele privind stocarea prin reacţii chimice reversibile realizate la ICPAIUC. Astfel, reacţia de hidratare-deshidratare a compusului $CaCl_2$ este susceptibilă să folosească căldura gazelor arse reziduale la temperaturi între 250—300°C pentru a fi stocată. Ciclurile hidratare-deshidratare se realizează cu modificări ale granulaţiei: se deteriorează cu timpul viteza de reacţie, deoarece granulaţia creşte. Se încearcă diferite procedee pentru a menţine granulaţia şi porozitatea necesară. În acelaşi timp, se încearcă şi alte substanţe pentru stocarea chimică, cum ar fi sulfura de sodiu, care are o capacitate specifică de stocare de 460 Wh/kg de sare anhidră.

Ing. Dan Berbecaru de la IPCT a intervenit în dezbatere, aducînd detalii despre soluţiile de stocare sezonieră realizate cu rezervoare de beton, îngropate sau semiîngropate. Printre soluţiile preconizate se numără şi aceea constituită dintr-o baterie de rezervoare montate în pămînt fără termoizolaţie. Această soluţie oferă o acumulare echivalentă ca randament cu aceea constituită dintr-un rezervor unic, prevăzut cu o izolaţie termică de 0,1 kcal/m^2 hgrad. Căldura stocată în sol, în spaţiul dintre rezervoarele din care este constituită bateria, reprezintă 30—40%.

Dr. ing. Constantin I. Staicu din ICEMENERG s-a referit, de asemenea, la stocarea pe termen lung, oprindu-se asupra soluţiilor susceptibile să permită capacităţi foarte mari de stocare. În acest sens, au fost menţionate lacurile şi iazurile de diferite tipuri, naturale sau artificiale, utilizate ca rezervoare de stocare; ele necesită izolare hidrofugă şi termică pentru reducerea pierderilor energetice în mediul ambiant. A prezentat, de asemenea, posibilităţile de realizare a unor acumulatoare în rezervoare construite de foarte mare capacitate, supra şi subterane. Cu privire la stocarea subterană, atît în sol, cît şi în straturi freatice confinate (acvifere), a menţionat numeroasele cercetări în lume cu caracter teoretic, arătînd că cercetările experimentale şi în special realizările concrete sînt mult mai puţine, lucru explicabil prin cuantumul mare al mijloacelor necesare pentru realizarea unor asemenea aplicaţii.

Luînd din nou cuvîntul dr. ing. Călin Mihăileanu a invitat participanţii la reuniune să facă o tentativă mai explicită de a-şi prezenta intenţiile, de a propune structuri de program de cercetare în domeniu, de a examina critic realizările de pînă acum din acest domeniu. Să se facă în acest fel o triere a obiectivelor de abordat cu prioritate, ce anume ar trebui să fie abandonat, care sînt obectivele care ar mai trebui abordate.

Intervenind, dr. ing. Liviu Dumitrescu, inspector general în cadrul ICCPDC, a susţinut că utilizarea rezervoarelor de beton pentru stocarea de lungă durată propusă de IPCT nu este cea mai bună soluţie. Studiul IPCT nu tratează domeniul dintre stocarea diurnă şi stocarea pe termen lung.

Ing. Alexandru Mihăilă a elogiat IPCT pentru studiul privind utilizarea rezervoarelor de beton, menţionînd că dacă utilizarea acestora se dovedeşte eficientă economic chiar pentru un ciclu unic anual, cu atît mai mult este avantajoasă utilizarea lor pentru stocarea cu ciclu diurn în reţelele de termoficare.

Ing. Dumitru Renţea, consilier la ISPE, a subliniat necesitatea de a se trece mai rapid de la cercetările pe scară redusă la aplicaţii industriale, în special în domeniul termoficării; scopul urmărit este de a se înlocui puterea de vîrf, care reprezintă 60% din puterea sistemului termoenergetic, deoarece în cadrul reglementărilor actuale, CAF pe cărbune nu pot da satisfacţie ca instalaţii de vîrf. În condiţiile în care vîrful de acoperit este de circa 25 000 Gcal/h şi înlocuirea actualelor CAF pe hidrocarburi prin instalaţii funcţionînd pe cărbune necesită circa 10 mil. lei Gcal/h, efortul financiar este imposibil de relizat în termenul necesar. Un sistem electric de încălzire cu acumulare în zona de consum ar fi o soluţie alternativă la CAF-uri pe cărbune, soluţie mai ieftină şi puţin ancombrantă. Cazanele funcţionînd pe gaze de gazogen sînt foarte scumpe, iar randamentele, incluzînd şi pe cele de gazeificare, sînt reduse. O soluţie pentru înlocuirea unei părţi din puterea de vîrf din instalaţiile de termoficare este utilizarea instalaţiilor de panouri solare, împreună cu acumulare.Această soluţie, pe lîngă că a devenit competitivă cu căldura din termoficare, are şi avantajul de a permite scoaterea din funcţiune, pe durate determinate, a conductelor de transport şi repararea lor, ceea ce va deveni din ce în ce mai frecvent pe măsură ce instalaţiile îmbătrînesc.

Tov. Liviu Dumitrescu a salutat poziţia favorabilă exprimată de tov. Dumitru Renţea privind cuplarea instalaţiilor de termoficare cu încălzire solară, ceea ce reprezintă o schimbare de atitudine a ISPE faţă de o asemenea aplicare a captatoarelor solare. Este de dorit ca IPCT şi ISPE să reia studiile şi proiectele tip pentru această aplicaţie.

Ing. Lucian Lăzărescu de la GIGC a abordat problema foarte importantă a utilizării căldurii resurselor refolosibile pentru încălzire şi apă caldă şi a rolului stocării în acest context. GIGC a realizat trei aplicaţii în întreprinderi industriale din Bucureşti, prin care au degrevat reţeaua de termoficare, parţial sau total, de sarcina de încălzire şi de apă caldă menajeră.

În primul caz, la o industrie care dispunea de gaze fierbinţi provenind de la 30 cuptoare, s-au construit recuperatoare pe coşurile de fum şi s-a produs apă caldă; de asemenea, s-a recuperat căldura din apa de condens, din abur de 3—4 ata. S-a folosit capacitatea de stocare existentă sub formă de rezervoare de 5 m^3 în cele 7—8 puncte termice. În aceste acumulatoare s-a stocat apa caldă de la resursele astfel recuperate şi de la captatoarele solare; s-a asigurat din aceste surse apa caldă pe timpul verii şi o jumătate din sarcina de încălzire în timpul iernii.

În al doilea caz, s-a recuperat căldura din circuitele de răcire ale unor cuptoare cu inducţie şi s-a asigurat, în întreprinderea respectivă, întregul consum de apă caldă.

Al treilea caz se referă la o industrie consumatoare de 50 pînă la 100 Gcal/h sub formă de abur tehnologic şi 16 Gcal/h încălzire şi apă caldă menajeră. Recuperarea căldurii din condensul aburului tehnologic — inclusiv din condensul impur nereturnabil la CET — şi un sistem de acumulare constituit din 8 rezervoare, au permis degrevarea completă a termoficării de sarcina termică pentru încălzire şi apă caldă.

Aceste exemple aată că o concepţie energetică corectă în întreprinderi avînd surse recuperabile de energie termică şi o utilizare eficientă a resurselor recuperate printr-un stocaj adecvat pe termen scurt, ar degreva reţeaua de termoficare de o mare parte din sarcina de încălzire şi de apă caldă menajeră.

Ca o concluzie la cele trei exemple s-a subliniat importanța unei concepții energetice concrete pe ansamblul unei întreprinderi, necesitatea recuperării sistematice a resurselor secundare de căldură și utilizarea lor printr-un stocaj adecvat diurn sau poate chiar sezonier, pentru degrevarea rețelelor de termoficare din industrie de unele dintre sarcinile de încălzire și apă caldă menajeră.

Necesitatea corelării recuperării resurselor secundare cu un stocaj adecvat, pentru asigurarea unei folosiri eficiente pe parcursul întregului an, a fost susținută și de către Alexandru Mihăilă — ICEMENERG, Achile Petrescu — IPCT și ing. Octavian Țuțuianu — Direcția Tehnică M.E.E.

În legătură cu posibilitatea stocării sezoniere a căldurii în sisteme de mare capacitate realizabile în acvifere ing. Traian Pop de la ICH a subliniat sărăcia de date și studii privind acviferele convenabile pentru o asemenea folosință. Referindu-se la necesitatea unor studii hidrogeologice pentru acest scop, a atras atenția asupra costului lor foarte ridicat.

După ce a remarcat importanța actuală a stocării căldurii în țara noastră, dr. ing. Liviu Dumitrescu s-a referit pe larg, cu exemple și date, asupra necesității îmbunătățirii cu prioritate a izolației termice la clădiri. În condițiile în care astăzi investiția pentru căldură și apă caldă a unui apartament convențional este de 15 000—20 000 lei, izolarea termică care ar reduce sarcina termică pe un apartament cu 30—50% nu ar costa decît 2500 lei. În aceste condiții, costul izolației ar fi cu mult mai mic decît economiile la investițiile pentru puterea termică necesară apartamentului cu izolație termică îmbunătățită, corespunzător diminuată. În acest fel izolația termică devine acumulator de energie. Este necesar poate să se procedeze și mai radical la îmbunătățirea izolației termice, astfel încît coeficientul de pierderi termice, care este astăzi de 3—4 W/m^2 să fie diminuat pînă la 0,7—0,8 W/m^2, valoare admisă și în alte țări din Europa. În plus, o izolație termică îmbunătățită schimbă radical poziția diferitelor resurse convenționale sau noi utilizabile pentru încălzire și a rolului stocării în legătură cu tipul concret de resursă utilizat.

În legătură cu preocuparea pentru stocarea sezonieră, este necesar să se urmărească ca obiectiv reducerea costurilor instalațiilor de acumulare, între altele și prin diminuarea necesarului de capacitate prin utilizarea pompelor de căldură.

Printre alte probleme care trebuie elucidate urgent se înscriu și cele ale stocării pe termen intermediar între diurn și sezonier; de asemenea, este necesar să se examineze de către proiectare soluțiile de utilizare a acumulatoarelor în punctele termice, precum și să se reia prin studii comune ISPE — IPCT problema unor sisteme de termoficar, incluzînd și captatoare solare pentru furnitură, de căldură, cel puțin în timpul verii. În acord cu opiniile exprimate, privind importanța resurselor recuperabile pentru asigurarea din ce în ce mai largă a unor consumuri de încălzire și apă caldă, este necesar ca în afară de proiecte tip de instalații de încălzire și de acumulare, să se realizeze proiecte tipizate de intalații de recuperare, pentru a se ușura posibilitatea realizării rapide a aplicațiilor de acest fel de sursă.

În încheierea lucrărilor consfătuirii, ing. Alexandru Mihăilă a subliniat că acumularea termică începe să se transforme din ce în ce mai mult dintr-un obiectiv de cercetare într-un instrument concret de gospodărire mai eficientă a resurselor de căldură, indiferent de natura lor. Deși numărul celor care se ocupă de soluționarea problemelor acumulării termice prin cercetare, proiectare și exploatare este an de an mai mare, coordonarea activităților este mai eficientă, așa încît nu există activități paralele în diverse locuri, iar forțele s-au mobilizat în general pentru soluționarea problemelor prioritare ale domeniului.

ing. Alexandru Mihăilă
dr. ing. Constantin I. Staicu

Recenzie

Cursul de fizică Berkeley, vol. II, „Electricitate și magnetism (Berkeley Phisics Course, Volum II, Electricity and Magnetism)

Editura Didactică și Pedagogică, București, 1982, 480 p.

Din importanta suită, astăzi de circulație universală, cursul de fizică Berkeley, cititorului român i se oferă cel de-al doilea volum referitor la electricitate și magnetism, după ce cu un an în urmă a avut prilejul de a cunoaște primul volum „Mecanica". Rămîn de tradus volumul III — „Unde și oscilații", volumul IV — „Mecanica cuantică" și volumul V — „Fizica statistică".

Ca și primul volum, versiunea în limba română a volumului II începe cu prefața academicianului profesor Ioan Ursu, care sintetizează esența textului lucrării. Citățm din prefață frazele de început, semnificative pentru valoarea lucrării: „Scrierea unui curs bun de fizică generală este astăzi o sarcină deosebit de grea. Autorii sînt confruntați cu necesitatea de a face numeroase opțiuni în materie de conținut, metodică și formă, de atitudine, atît față de progresele fizicii, cît și față de cei ce se inițiază în tainele ei. O întrunire adecvată a acestor opțiuni, poate avea ca rezultat un material cu valoare de referință, ce se va bucura de o largă circulație".

Volumul pus în discuție „Electricitate și magnetism", datorat lui Edward M. Purcell, profesor de fizică la Universitatea Harvard, se înscrie într-o continuitate organică din punctul de vedere al dezvoltării demonstrației de fond și de formă și într-o continuitate logică, urmare firească a primului volum „Mecanica". Lucrarea evidențiază o particularitate a modului de a preda și însuși cunoștințe de fizică practicat în S.U.A., și anume, cu o trimitere directă și imediată la imginea sugestivă a modelului în care este introdus și reprezentat un anumit fapt fizic. S-ar putea reproșa că se contează prea puțin pe imaginația cititorului, dar în același timp acest mod de a pune problema, prezintă marele avantaj de a economisi efort de imaginație și intuiție; un asemenea mod de predare tine direct de o teorie rapidă a învățării. Credem că economia de efort de învățare și înțelegere se constituie ca un avantaj și pentru cititorul care se va dedica în viitor studiilor și realizărilor de excepție în fizică, dar căruia îi sînt, de asemenea, obligatorii traseele comune în textul de informare generală. Teoria învățării și recunoașterea formelor, ca un capitol special al teoriei clasificării sistemelor s-a înscris de mult într-un cadru normat de standard. În viteza de stringere a informațiilor, orice economie de memorie, imaginație și intuiție, deci global economie de timp și inteligență este binevenită.

Organizat pe zece capitole, cursul de „Electricitate și magnetism" este dezvoltat după cum urmează: Electrostatica — sarcini și cîmpuri, Potențial electric, Cîmp electric în jurul conductoarelor, Curenți electrici, Cîmpul purtătorilor de sarcini în mișcare, Cîmpul magnetic, Inducția electromagnetică și ecuația lui Maxwell, Circuite de curent alternativ, Cîmpuri electrice în substanță, Cîmpuri magnetice în substanță. Pentru ilustrarea metodologiei de implementare a cunoștințelor, propusă de cursul Berkeley, exemplificăm cu cîteva cazuri, astfel:

— Capitolul I „Electrostatica", un capitol abstract, care devine sugestiv cînd expunerile teoretice sînt însoțite de experiențe. Se definește noțiunea de sar-

cini, cîmp electric, se enunță legea lui Coulomb.

Capitolul II nu surprinde cu noțiuni noi de fizică teoretică, dar familiarizează studentul cu elemente de calcul vectorial: gradient, divergență, rotor, laplacian. Se definește energia unui cîmp electric ca fiind lucrul mecanic consumat pentru formarea sistemului, iar noțiunile de calcul vectorial permit solicitări referitoare la teoria cîmpurilor.

Capitolul care tratează conductoarele și izolatoarele nu pune probleme deosebite din punctul de vedere al înțelegerii; teorema unicității și cîteva aspecte ale metodei variaționale aplicate la problema de limită, dau contur capitolului.

În capitolul următor se face trimire la Istoria Științei, de la Oerstedt la Einstein, sau ce s-a întîmplat între anii 1890—1905, de la cursul de „galvanism și magnetism" predat de Oerstedt la Universitatea din Copenhaga, pînă la articolul „Asupra electrodinamicii corpurilor în mișcare", apărut în 1905, autor Albert Einstein. Capitolul are scopul să lămurească cititorul asupra cîmpului unui purtător de sarcină în mișcare.

Capitolul VI definește cîmpul magnetic, introducînd noțiunile de inducție a cîmpului magnetic B, postulînd relația $\int Bds = \rho_0 I$ pentru orice curent continuu. Se explicitează proprietăți ale cîmpului magnetic, ale potențialului (spre a nu se identifica cu vectorul polar), ale modului în care se transformă cîmpurile, despre conductibilitatea electrică într-un cîmp magnetic, efectul Hall și experiența lui Rowland. Pentru a crea cadrul propice ecuațiilor lui Maxwell autorii pun la dispoziție o varietate de demonstrații experimentale. Urmează, într-o logică firească, prezentarea curentului alternativ, a rețelelor de curent alternativ, a noțiunii de impedanță, a puterii și energiei generate în circuit de curent alternativ.

Ultimile două capitole pun problema cîmpurilor electrice și a cîmpurilor magnetice în substanță. Se face apel la exemplul clasic al sferei dielectrice și al dipolilor moleculari induși și permanenți. Pentru înțelegerea deplină a capitolelor cititorul este condus să-și reamintească, la nivel de enunț, cnoștințe de chimie. Ultimul capitol, fiind o prelungire analitică a penultimului, abordează cîmpul magnetic în substanță. De remarcat subcapitolele: Cîmpul unei bucle de curent, Curenți electrici în atomi, Cum răspund substanțele la un cîmp magnetic. Se definește conceptul de spin al electronului (fiind proprietatea acceptată a electronului de a se roti continuu în jurul unei axe proprii); conceptul se dezvoltă prin cunoștințe despre feromagnetism și despre cîmpul unui magnet permanent. Subliniem că modelul fizic de reprezentare a faptului fizic real, rămîne mereu o schematizare și o simplificare a acestuia și, pe cît posibil, aducerea la o reprezentare în subvarietatea cvadridimensională L^3, T. Însăși această reprezentare s-a dovedit, de la inventarea geometriilor necuclidiene, că nu este decît o convenție, așa cum geometriile euclidiene sînt, la rîndul lor, tot o convenție, dar realizate la un alt cadru și cu alte postulate.

Fizica și-a încercat reprezentările în ambele tipuri de convenții enunțate, optînd după caz; dar nici una din aceste convenții nu este, deocamdată, cea optimă. Învățarea fizicii pleacă de la principii elementare, și în primul rînd de la istoria acestora cu evoluția lor în timp. Creșterea vitezei acestei evoluții a devenit astăzi o necesitate stringentă, dintr-un interes social fudamental, acela de supraviețuire a speciei umane, care nu poate fi realizată fără obținerea unui cuantum minim necesar și suficient de energie, căldură și lumină, rezervat fiecărui membru al societății umane și pentru care sursele și resursele purtătorilor de energie se definesc în accepțiunea clasică limitate în timp și spațiu. Deocamdată soluțiile tehnologiilor neconvenționale au o participare modestă, iar soluțiile care se întrevăd corelate fundamental, cum ar fi centrala electronucleară cu reactoare reproducătoare rapide sau centrala electrică cu fuziune nucleară, rămîn încă de domeniul doleanțelor care nu au depășit faza de laborator. Pentru fizician, din punctul de vedere al studiului fenomenului, dispozitivul de laborator părea, pentru cele două soluții, rezolvat, sau în orice caz cu eventuale dificultăți de reglaj, care nu ar pune probleme. În realitate, faptul real față de modelul dispozitivului de laborator proiectat s-a dovedit mereu mult mai complex. Se simte nevoia unor materiale deosebite, care încă nu există. Realizarea lor va trebui să deschidă un capitol nou în fizica solidului, care nu va putea fi rezolvat decît printr-o colaborare complementară între fizicieni și tehnologi. S-ar putea ca soluția reală și eficientă să fie alta, într-un domeniu neașteptat. Indiferent care va fi rezolvarea problemei energiei, sîntem datori nu la o așteptare pasivă, ci la o așteptare activă în care cunoașterea și aprofundarea cunoștințelor de fizică în mod sistematic este de primă importanță; un asemenea mod sistemic de ordonare ne este oferit de volumul care face obiectul recenziei de față.

După primul volum care reprezintă suita istorică a conceptelor care s-au succedat pînă la forma actuală a cuantumului de standard privind cunoașterea realității prin explicitare în teorii fizice, volumul al doilea dă esență cunoștințelor de bază pentru nivelul actual al tehnologiei. De la antrenare, acționare și control, la transportul și distribuția energiei, electricitatea și complementul acesteia magnetismul, sînt pretutindeni prezente. Prin convenție numim electrotehnică, studiul care descrie fenomene referitoare la curenți tari și electronică, studiul fenomenelor în care participă curenți de slabă intensitate. Chintesența realizărilor de vîrf în teoria cîmpului electromagnetic în accepțiunea electronicii, se concretizează prin tehnica mașinilor de calcul, care au putut fi realizate după ce a fost pusă la punct tehnologia semiconductoarelor și a circuitelor integrate. Evoluția în acest domeniu, ca pentru toate domeniile tehnicii, înregistrează eforturi susținute și noutatea are o rată de dezvoltare în progresie geometrică.

În ansamblu cursul de fizică Berkeley reflectă nu numai un concept specific pentru școala americană în general, ci și pentru felul de a gîndi și interpreta faptele reale prin intermediul explicării teoriilor fizice. Berkeley este un curs tipic american de inițiere generală, care dă măsura de bază a gradului de dezvoltare tehnologică atins de această țară.

Traducerea în limba română a lucrării nu a fost simplă și nici ușor de rezolvat. Colectivul de traducători, avînd în frunte pe prof. univ. dr. I. Iovițț Popescu, rector al Universității din București, a obținut o mare reușită.

Se poate face o comparație între Fizica Teoretică de Landau și Lifchitz, care reflectă trăsăturile școlii sovietice de fizică, și cursul Berkeley, care relevă conceptul american. Punctele de vedere sînt opuse sub raportul tehnicii de prezentare, precum și din punctul de vedere al accentelor care se pun pe unele aspecte considerate esențiale de către cele două școli. Este desigur evident, că și modurile de gîndire care au stat la baza elaborării lucrărilor sînt diferite. Citite însă succesiv cele două lucrări oglindesc nivelul la care au ajuns aceste țări în gîndirea fizică. În acest context, au fost necesare, au apărut și sînt recunoscute, două lucrări românești, care se referă nu exclusiv la fizică, dar sînt contingente fizicii: „Psihologia consonantistă" a lui Ștefan Odobleja, care demonstrează inedit continuitatea nealterată între legile realității fizice și modul de a le percepe și reprezenta din punctul de vedere al psihologiei și „Analiza dimensională generală" datorată lui C. I. Staicu, apărută în anul 1976 și care dă rigoare optimizării postulatelor din fizică, constituindu-se, concomitent, drept transpunerea în spațiul inteligent al matematicii pentru psihologia consonantistă.

Cele patru lucrări enumerate, Cursul de fizică Berkeley, Fizica teoretică de Landau și Lifchitz, Psihologia consonantistă de St. Odobleja și Analiza dimensională generală de C. I. Staicu, pot fi considerate, sub un anumit aspect, ca o măsură de sinteză a cunoștințelor în domeniul fizico-matematicii atins la sfîrșitul acestui secol, implicînd și posibilitățile de valență cu științele nematematizate încă, cum ar fi biologia, științele sociale și în general științele umaniste.

Prin apariția celui de-al doilea volum de fizică Berkeley și apariția viitoare a celorlalte volume ale acestei lucrări, conturul informațional al cunoștințelor de fizică pentru cititorul interesat se poate defini într-un mod mai complet.

Ing. **Al. Forje**
Ing. **T. Cîrstea**

ORBIS MATHEMATICUS 83

CIRE-UARMT-CIMPINA

STR. FLAMUREI NR. 26 - JUD. PRAHOVA

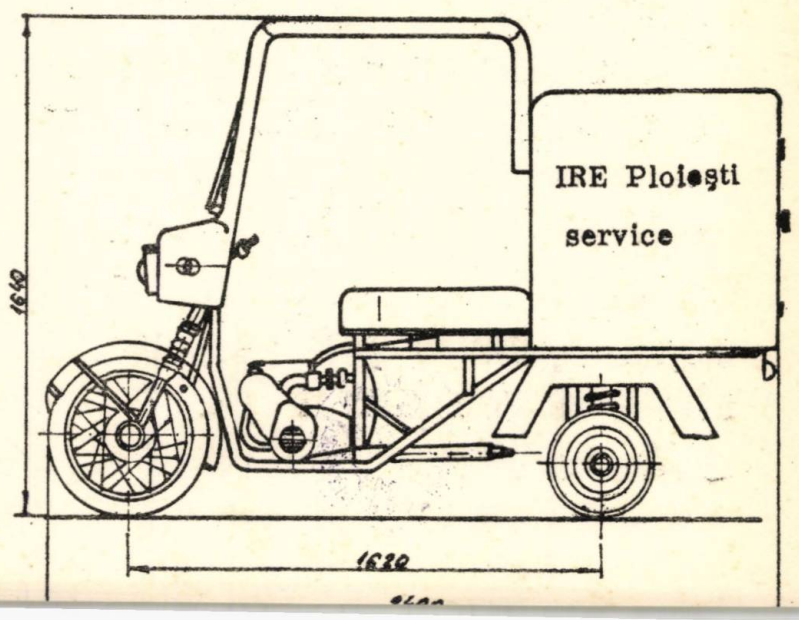
Execută şi livrează :

TRICICLU CAROSAT ACTIONAT CU MOTOR MOBRA PENTRU DIVERSE ACTIVITATI

Produsul este destinat întreprinderilor de reţele electrice din ţară în scopul deplasării a 1-2 persoane împreună cu diverse aparate, scule şi materiale pentru executarea unor lucrări cu precădere în mediul urban şi la distanţe scurte. Produsul poate fi utilizat şi de alte întreprinderi, comerţ, alimentaţie publică, cooperaţie, turism pentru transportul produselor specifice activităţii lor.

Caracteristici tehnice principale

- dimensiuni de gabarit :		
- lungime	(mm)	- 2460
- lăţime	(mm)	- 1300
- înălţime	(mm)	- 1640
- ampatament	(mm)	- 1620
- ecartament	(mm)	- 1050
- dimens. container (Lxlxh)	(mm)	- 1300x750x740
- masa proprie mototriciclu	(kg)	- 225
- masa transportabilă :		
- cu o persoană		- 125
- cu două persoane		- 50
- masa totală		- 425
- numărul de persoane transportate		- 1 - 2
- viteza de deplasare max.	(km/h)	- 40
- roţi faţă		- 21x2, 75/4 PR
- roţi spate		- 400-8/6 PR
- motor de antrenare		- M 110
- capacitate cil. motor	(cm^3)	- 50
- puterea max.	(CP)	- 4
- turaţia la Pmax.	(rot/min)	- 6800-7000
- greutate motor uscat	(kg)	- 17
- consum combustibil	(1/100 km)	- 2, 5



MINISTERUL ENERGIEI ELECTRICE
Trustul de Constructii Hidroenergetice
BUCURESTI
Str. Dimitrie Onciul Nr. 23-25 Telefon 355470
Sector 2 Cod 70318 Telex 10244 R

TRUSTUL DE CONSTRUCTII HIDROENERGETICE BUCUREST
FONDAT IN 1950

1983 NOV 3

Are în execuţie: 45 HIDROCENTRALE şi 45 BARAJE dintre care:

- U.H.E. PORTILE DE FIER II, cu o putere instalatã de 216 MW şi cu o producţie de energie de 140 GWh/an.

- U.H.E. RIUL MARE RETEZAT, cu o centralã subteranã de mare cãdere; cu o galerie de 18,5 km. lungime, şi 5,15 m diametru; cu un baraj din anrocamente cu un volum total de 9.000.000mc.; cu o putere instalatã de 350 MW şi cu o producţie de energie de 630 GWh/an.

- U.H.E. DRAGANI MUNTENI, cu o schemã hidrotehnicã complexã cu devieri de ape din alte bazine şi cu un baraj de beton în arc cu un volum de 440.000 mc; cu o putere instalatã de 159 MW si cu o producţie de energie de 315 GWh/an.

- U.H.E. SLATINA AVAL, un complex de 5 hidrocentrale de joasã cãdere, cu o putere instalatã de 265MW si cu o producţie de energie de 510 GWh/an.

=2039

MW

6

REFERÁLVA

energetica

VOLUMUL XXXI
BUCUREŞTI
IUNIE 1983

0 6 12 18 24

ICEMENERG

INSTITUTUL DE CERCETĂRI
ŞI MODERNIZĂRI ENERGETICE
BUCUREŞTI Sect. III • B-dul ENERGETICIENILOR, 8 • Tel. 21.46.30

- ICEMENERG execută lucrări complete de cercetare, proiectare, realizare, punere în funcţiune a sistemelor de conducere numerică a proceselor din centralele termoelectrice, hidroelectrice şi dispecerilor de termoficare.

- Structura sistemelor de conducere concepute de ICEMENERG se bazează pe microcalculatoarele M-118, minicalculatoarele CORAL-4030 şi interfeţele de proces SPOT-80, produse de Intreprinderea de calculatoare electronice-Bucureşti, adaptate la specificul aplicaţiei, prin console de proces specializate, afişare grafică a informaţiilor pe 5 display-uri, încadrarea în pupitre operative etc.

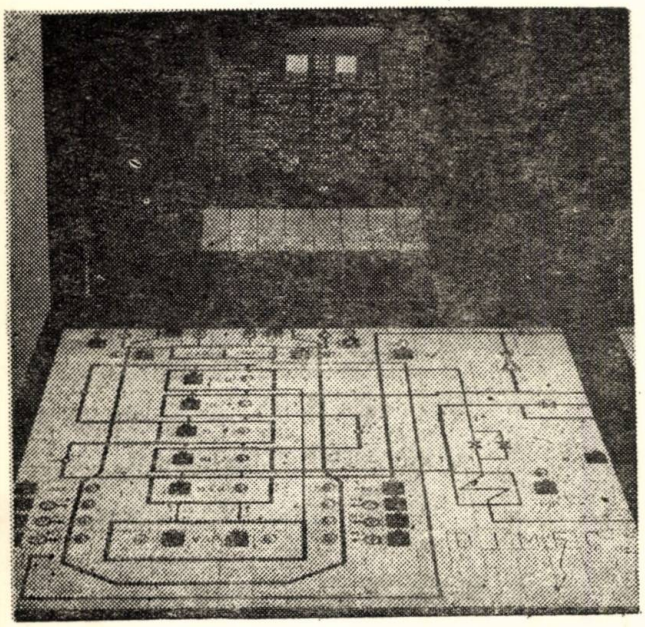
- Structura multiprocesoare SINEX-82 destinată conducerii blocurilor termoenergetice în regim de exploatare în sarcină asigură prin subsistemele DICREV, DIMEC şi DIREN :

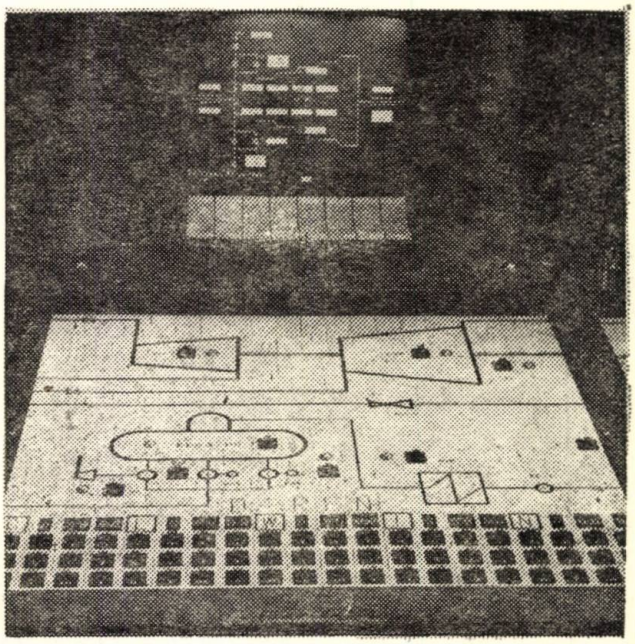
. informarea operativă, selectivă şi ergonomică a personalului de exploatare asupra stării instalaţiei tehnologice şi controlul mersului economic explicitat pe cauze (DIMEC) ;

. controlul funcţionării protecţiilor şi permisiilor tehnologice şi calculul reducerilor de putere ca urmare a indisponibilităţii unor agregate (DICREV) ;

. reglarea numerică a principalelor mărimi tehnologice ale blocului energetic (DIREN) ;

. supravegherea, ghid-operator şi optimizarea producerii şi distribuţiei fluxurilor energetice în cadrul dispecerilor de termoficare ai platformelor industriale.





SINEX-82 - Sistem numeric pentru conducerea blocurilor termoenergetice în regim de exploatare în sarcină

ENERGETICA

ORGAN AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ŞI AL CONSILIULUI NAŢIONAL AL INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN REPUBLICA SOCIALISTĂ ROMÂNIA

SUB ÎNDRUMAREA CONSILIULUI ŞTIINŢIFIC AL INSTITUTULUI CENTRAL DE CERCETĂRI ENERGETICE

COLEGIUL DE REDACŢIE

Dr. ing. **Gh. Bălan** (redactor responsabil adjunct)
Ing. **P. Cartianu**
Ing. **L. Cernuşen**
Ing. **M. M.Dăncilă**
Ing. **H. Furtunescu**
Ing. **N. Georgian**
Dr. ing. **Gh. Luca**
Dr. chim. **Maria Maftei**
Dr. ing. **G. Manolescu**
Ing. **B. Marcu**
Ing. **I. Măiereanu** (redactor responsabil adjunct)
Dr. ing. **Călin Mihăileanu** (redactor responsabil)
Prof. dr. doc. **V. I. Nitu**
Dr. ing. **E. Pavel**
Dr. ing. **T. Popa**
Dr. ing. **C. I. Staicu** (secretar redacţie)

Revista „Energetica" este publicaţie lunară devotată preocupărilor spirituale şi realizărilor materiale în domeniul energeticii.

Redacţia şi administraţia:
Bucureşti 74 568, Bd. Energeticienilor, nr. 8, sector 3.
Telefon: 20 67 30 21 46 30

ANUL 31 **6** IUNIE 1983

Cuprinsul

Pag.

ARTICOLE

Tr.-G. Ionescu: **Stabilirea pe bază de măsurători a consumurilor de putere şi de energie electrică şi a indicatorilor specifici graficelor de sarcină a consumatorilor casnici din mediul urban** 257—261

V. Vuleu ş.a.: **Cercetări asupra gazeificării combustibililor inferiori (şisturi bituminoase, ligniţi) şi a reziduurilor de la preparaţiile de huilă** (cu prezentare în limba engleză) 262—280

D. Zlatanovici: **Studiul experimental al cîmpului magnetic şi termic pe un model electromagnetic de dinte trapezoidal** 281—284

E. Pavel: **Stabilirea unor criterii obiective pentru evaluarea temperaturii ambiante necesare fiinţei omeneşti** 285—288

C. Moldoveanu: **Erori posibile de apreciere prin metoda variaţiei impedanţei de scurteireuit, a stării transformatoarelor de putere după solicitarea la scurteiruit** 289—295

INVENŢII-INOVAŢII 295—296

NOUTĂŢI TEHNICO-ŞTIINŢIFICE 296

RECENZIE 297

DIN SUMARUL REVISTELOR 297—298

OAMENII DE ŞTIINŢĂ ŞI PACEA 298—299

Revista „Energetica" este editată cu concursul permanent dat de:

chim. **Eleonora Ataman**
dr. ing. **J. Constantinescu**
ec. **Ana Dobre**
ing. **T. Dragomir**
ing. **Angela Perea**
dr. ing. **M. Pomârleanu**
dr. ing. **Gh. Popa**
ing. **A. Roşu**
ing. **V. Rugină**
ing. **I. Turcu**

În revista ENERGETICA se publică:

Articole

Informaţii referitoare la: publicaţii recente (cărţi, reviste), noutăţi ştiinţifice şi tehnice, invenţii şi inovaţii, experienţă de exploatare, realizări tehnice remarcabile, manifestări tehnico-ştiinţifice naţionale şi internaţionale (congrese, conferinţe, simpozioane), titluri de articole de specialitate din alte reviste.

Materiale diverse: cronici, recenzii, discuţii la articolele publicate, puncte de vedere ale autorilor, concluziile discuţiilor în jurul meselor rotunde.

Revista ENERGETICA este editată şi administrată de Institutul de cercetări şi modernizări energetice — ICEMENERG.

M. David — şeful Oficiului de informare documentară pentru energetică

Ana Maria Chivu — redactor

Instituţiile pot achita abonamentele în contul de virament nr. 30.11.8.01.01 — BN R.S.R. Fil. sect. 3. Costul unui abonament: 144 lei anual; costul unui exemplar: 12 lei.

Cititorii din străinătate se pot abona la ILEXIM, Departamentul Export-Import Presă, P.O. Box 136—137, telex: 11226, Bucureşti, str. 30 Decembrie, nr. 3.

Tiparul: Intreprinderea poligrafică „Informaţia", Bucureşti, str. Brezoianu 23—25, c 2259.

41 014

ANNOUNCEMENTS FOR READERS ABROAD

— The review „Energetica" can send on request from publications abroad reports translated in one of the worldwide spoken languages

— The review „Energetica" proposes a publications exchange with similar reviews and in relating fields

— The review „Energetica" provides and publishes or introduces books on energy received at the editorial office. Reviews and presentations of books sent on this purpose to the editorial office can be published as well

— The review „Energetica" publishes on request from authors abroad reports on energy or other materials: technical and scientific news, inventions-innovations, information about technical and scientific symposia, etc. written in one of the worldwide spoken languages

СОДЕРЖАНИЕ

Тр.-Г. Ионеску: **Определение, на основе измерения потребления мощности и электроэнергии, а также удельных показателей графиков нагрузки городских бытовых потребителей.** 257—261

В. Вулку и др: **Исследования газификации низкокачественного топлива (битуминозных сланцев, лигнита) и остатков от подготовки каменного угля** (с резюме на английском языке) 262—280

Д. Златонович: **Опытные исследования магнитного и теплового поля на электромагнитной модели трапецеидального зуба.** 281—284

Э. Павел: **Определение объективных критериев оценки температуры окружающей среды, необходимой человеку** 285—288

К. Молдовяну: **Возможные погрешности метода изменения импеданса к.з., состояния трансформаторов мощности после испытания токов к.з.** 289—295

ИЗОБРЕТЕНИЯ—НОВАТОРСТВА 295—296

НАУЧНО—ТЕХНИЧЕСКИЕ НОВОСТИ 296

РЕЦЕНЗИИ 297

ОБЗОР ЖУРНАЛОВ 297—298

ДЕЯТЕЛИ НАУКИ И МИР 298—299

INHALTSVERZEICHNIS

Tr.-G. Ionescu: **Die Bestimmung durch Messungen des Kraft- und Elektroenergieverbrauchs sowie der spezifischen Kennwerte für die Lastpläne für städtische Haushaltsverbraucher** 257—261

V. Vulcu u.a.: **Forschungen über die Vergasung minderwertiger Brennstoffe (bituminöse Schiefer, Lignit) und der Rückstände von der Braunkohlebehandlung** (mit einer Kurzfassung in Englisch) 262—280

D. Zlatanovici: **Experimentelle Forschungen über das magnetische und thermische Feld anhand eines trapezförmigen elektromagnetischen Modells** 281—284

E. Pavel: **Die Bestimmung objektiver Gesichtspunkte zur Einschätzung der für den Menschen notwendigen Umwelttemperatur** 285—288

C. Moldoveanu: **Mögliche Auswertungsfehler durch die Methode der Kurzschlussimpedanz-Schwankung, des Zustandes der Lasttrafos nach einer Beanspruchung durch Kurzschluss** 289—295

ERFINDUNGEN-ERNEUERUNGEN 295—296

WISSENSCHAFTLICH-TECHNISCHE NEUIGKEITEN 296

REZENSIONEN 297

AUS DE MINHALT ANDERER ZEITSCHRIFTEN 297—298

DIE WISSENSCHAFTLER UND DER FRIEDEN 298—299

SOMMAIRE

Tr.-G. Ionescu: **Etablissement à l'aide des mesures, des consommations de puissance et d'énergie électrique et des indicateurs spécifiques aux graphiques de charge des consommateurs easniques du milieu urbain** 257—261

V. Vulcu ş.a.: **Recherches sur la gazéification des combustibles inférieurs (schistes bitumineux, lignites) et des résidus des préparations de la houille** (à présentation en anglais) 262—280

D. Zlatanovici: **Etude expérimentale du champ magnétique et thermique sur un modèle électromagnétique de dent trapézoidal** 281—284

E. Pavel: **Etablissement de quelques critères objectifs pour évaluer la température de l'air ambiant nécessaire à l'être humain** 285—288

C. Moldoveanu: **Erreurs possibles d'évaluation par la méthode de la variation de l'impédance en court-circuit de l'état des transformateurs de puissance après la sollicitation au court-circuit** 289—295

INVENTIONS-INNOVATIONS 295—296

NOUVEAUTÉS TECHNICO-SCIENTIFIQUES 296

COMPTE-RENDU 297

LA REVUE DES REVUE 297—298

LES HOMMES DE SCIENCE ET LA PAIX 298—299

CONTENTS

DC 621.317.38 + 66.012.3

Tr.-G. Ionescu: **The Establishing by Measurements of the Power and Electricity Consumptions and of the Specific Load Diagrams Indicators for Urban Household Consumers**

The paper presente the results of measurements carried out in Bucharest and in six other towns in order to determine the electricity consumption parameters and the specific load diagrams parameters for household users provided with heat and hot household water by district heating and using natural gases for cooking.

Some results of these measurements are worth mentioning; an electricity consumption forecast model, the determination of the average active and reactive power absorbed during peak load, of the maximum active and reactive power factor for the specified consumers category.

Energetica 31 (1983), nr. 6, p. 257–261

DC 662.74.001.5

V. Vuleu a.o.: **Researches Conerning the Gasification of Low Grade Fuel (Bituminous Shales, Lignites) and Pit Coal Processing Wastes** (with a short presentation in English

The most relevant aspects of the research works carried out by the University of Braşov for low-grade fuel (shales, lignite) gasification are dealt upon in the paper.

The tests have been conducted on an original, patented facility that proved to adapt to various fuels. The working efficiency was of about 72% and the heating value of the resulted gases was of about 2100 kcal/Nm . These data justify the procedure utilization in energetics

Energetica 31 (1983), nr. 6, p. 262–280

DC 621.3.012; 538.66.001.2

D. Zlatanovici: **The Study of the Magnetic and Thermal Field Inside the Front Stator Teeth of Synchronous Generators, on a Physical Electromagnetic Model**

The paper presents a physical electromagnetic model for a front trapezoidal stator tooth with transducers for measuring temperatures, flows and inductions. A series of regimes characterized by repartitions of the radial and axial induction in the tooth frontier as close to the one measured on real generators as possible, have been achieved.

As a result of the measurements the repartitions of the magnetic and thermal field inside the trapezoidal tooth have been obtained. The results have been used for checking a calculation method for losses and temperatures inside the front tooth of real synchronous generators.

Energetica 31 (1983), nr. 6, p. 281–284

DC 613.15 : 36

E. Pavel: **Determination of Some Criteria for Human Beings Environmental Necessary Temperature Evaluation**

The energy crisis as a possible gloomy humanity's forecast component, stimulated the researchers activity to find solutions for saving all forms of energy.

The paper presents a particular aspect of the question, namely, the problem to avoid the waste of ambient heat which is necessary to human beings. It implies finding real criteria for evaluating the necessities. Research in this field is not easy due to the subjectivity of human beings sensations. However, varied experiments in laboratories were made, so a new concept appeared: the thermal comfort. The researchers must give an answer concerning the parameters influencing the thermal comfort of an individual and what are the admitted levels of these parameters. More still, we must know which is the optimum combination of the parameters, to obtain the thermal comfort, defined as that state in which satisfaction is expressed with the actual thermal natural or artificial environment. Of course, a mathematical treatment of the problem is useful. Suggestions to optimize the heat consumption in habitable rooms are made in the paper.

Energetica 31 (1983), nr. 6, p. 285–288

DC 621.314.222 : 621.3.011.3

C. Moldoveanu: **Possible Errors of the Short-Circuit Impedance Variation Method Estimating the Power Transformer State Following Short-Circuit Stresses**

The actual basic criteria used for the acceptance or rejection of power transformers by the short-circuit test have been established by taking into consideration the short-circuit impedance variation. The present paper deals with the influence, on the short-circuit impedance measured value and on its variations size, respectively, of the short-circuited winding type of fault and its position related to the magnetic core, as a result of stresses at short-circuit currents. The tests performed at the ICEMENERG High Power Station confirm the conclusions of the analysis, showing also the need for a certain auxiliary specifications in the short-circuit test standards of power transformers, regarding internal structure defectoscopy criteria.

Energetica 31 (1983), nr. 6, p. 289–295

INVENTIONS-INNOVATIONS 295–296

TECHNICAL AND SCIENTIFIC NEWS 296

REVIEW 297

FROM THE SUMMARIES OF FOREIGN REVIEWS 297–298

SCIENTISTS AND PEACE 298–299

Stabilirea pe bază de măsurători a consumurilor de putere și de energie electrică și a indicatorilor specifici graficelor de sarcină a consumatorilor casnici din mediul urban

Dr. ing. Tr. — G. Ionescu*

Nota redacției. Fără a-și însuși conținutul articolului publicat, sau concluziile acestuia, redacția consideră oportun să-l aducă la cunoștința cercurilor de specialiști din țara noastră, fiind bucuroasă să pună coloanele revistei la dispoziția tuturor acelora care ar dori să-și exprime punctul de vedere cu privire la problematica abordată. Considerăm că discutarea, eventual chiar în contradictoriu, a unor probleme energetice de stringentă actualitate, cum este cea din articolul de față, poate contribui în largă măsură la clarificarea diferitelor aspecte ale acestor probleme.

Problema construcției raționale a rețelelor electrice de distribuție urbană este de mare actualitate, deoarece aceste rețele devin, prin funcția lor, din ce în ce mai importante pentru activitatea, confortul și viața normală a orașelor, precum și din cauza investițiilor mari pe care le reclamă.

Pentru ca în aceste rețele să se utilizeze cît mai judicios fondurile de investiții alocate, trebuie ca rețelele electrice de distribuție să fie dimensionate pe baza unor consumuri cît mai exact determinate, ținînd seama de evoluția consumului de energie electrică la diverși consumatori. De asemenea, indicatorii specifici graficelor de sarcină ai acestor consumatori, care au un rol determinant în proiectarea acestor categorii de rețele, trebuie stabiliți cît mai corect din aceleași considerente.

Măsurătorile pentru determinarea consumurilor de energie electrică și a parametrilor graficelor de sarcină ale consumatorilor casnici urbani s-au efectuat în București și într-un număr de trei orașe cu peste 100 000 locuitori (Brașov, Constanța și Iași), două orașe cu un număr de locuitori cuprins între 50 000 — 75 000 locuitori (Suceava, Vaslui) și un oraș sub 30 000 locuitori (Tg. Frumos) [1].

Din măsurătorile efectuate s-a observat că nu există nici o relație între consumul specific de energie electrică pe apartament și mărimea orașului și că vechiul sistem de stabilire a sarcinilor de calcul în funcție de populația orașului nu este corespunzător.

Măsurătorile au constat, în principal, în ridicarea graficelor de sarcină activă și reactivă în diferite puncte caracteristice ale rețelei, cum ar fi barele de joasă tensiune ale posturilor de transformare, firidele blocurilor de locuințe, precum și la tablourile de distribuție ale unor consumatori individuali, cu aparate înregistratoare de tip WATTREG.

Totodată, s-au efectuat sondaje la abonații casnici, completîndu-se niște chestionare tip, pentru inventarierea dotării cu receptoare consumatoare de energie electrică, la consumatorii la care s-au făcut și măsurători, în vederea determinării unei puteri instalate medii pe apartament și a ponderii diverselor categorii de receptoare folosite în gospodărie.

Măsurători individuale s-au efectuat la un număr de circa 1400 abonați, iar măsurători colective s-au efectuat la un număr de 37 blocuri cu P+4 și P+10 etaje, situate în localitățile citate mai sus. Măsurătorile s-au făcut în intervalul iunie-octombrie 1982.

Evaluări de consumuri de energie electrică nu s-au făcut decît la consumatorii casnici urbani care locuiesc în cartiere nou construite, prevăzute cu sistem de termoficare pentru încălzirea spațiilor și a apei calde menajere și cu gaze naturale la bucătării pentru prepararea hranei, considerînd că aceștia reprezintă „tipul de consumator caracteristic" pentru rețelele noastre urbane pentru următorii 10—15 ani.

În studiile de dezvoltare a rețelelor electrice problema prognozei consumului de putere și de energie electrică este fundamentală din punctul de vedere al deciziilor ce urmează să se adopte, reprezentînd prima problemă care trebuie rezolvată în cadrul unei activități decizionale cu obiective în viitor. Ea furnizează datele cantitative și calitative asupra consumurilor ce urmează a fi asigurate de către instalația energetică care se proiectează. O dimensionare corectă a instalațiilor energetice trebuie precedată de o prognoză corectă, care este

* Dr. ing. Traian — G. Ionescu este cercetător științific principal gr. II la ICEMENERG.

singurul mod de a oferi cele mai probabile date de consum pe cale ştiinţifică.

O prognoză a unui consum de energie electrică trebuie să se bazeze pe doi factori esenţiali:

— o cunoaştere a evoluţiei în trecut a acestui consum, pe o perioadă cît mai lungă de timp;

— o cunoaştere a elementelor ce pot influenţa acest consum.

Pentru determinarea prognozei consumului de energie electrică s-a prelucrat un mare număr de date reale din anii 1972 şi pînă în 1981.

Din cauza incertitudinii datelor, primii trei ani au fost excluşi din analiză, şirul cronologic formîndu-se numai din anii 1976 pînă în 1981.

Pentru a se vedea modul de diferenţiere a consumurilor de energie electrică pe diverse tipuri de apartament, s-au considerat apartamente cu două şi trei camere. Pentru garsoniere şi apartamente de patru camere şi mai mult nu s-a dispus de datele respective.

Pentru curba de trend (componenta mediană sau de tendinţă) a consumului de energie şi a puterii electrice absorbite la vîrful de sarcină se utilizează, de regulă, curbe continue, care, în principal, se împart în curbe continuu crescătoare şi curbe cu limitări.

Curbele continuu crescătoare sînt acelea în care variabila dependentă creşte mai repede decît cea independentă. Dintre aceste curbe cele mai răspîndite sînt:

$$Y = a_0 + a_1 X \text{ — dreapta,} \quad (1)$$

$$Y = a_0 + a_1 X + a_2 X^2 \text{ — parabola sau curba pătratică,} \quad (2)$$

$$Y = a_0 + a_1 X + a_2 X^2 + \ldots + a_n X^n \text{ — polinomiala,} \quad (3)$$

$$Y = e^{(a+bX)} \text{ sau } Y = ae^{bX} \text{ — curba exponenţială.} \quad (4)$$

La curbele cu creştere limitată, variabila dependentă, după o creştere continuă, atinge o saturaţie sau o creştere mai lentă. Dintre aceste modele matematice se amintesc:

$$Y = aX^b \text{ — curba putere (geometrică),} \quad (5)$$

$$Y = K - ae^{bX} \text{ — curba exponenţială, modificată} \quad (6)$$

$$Y = \frac{1}{K + ae^{-bX}} \text{ sau } \frac{1}{Y} = K + ae^{-bX} \text{ — curba logistică,} \quad (7)$$

$$Y = a_0 + a_1 X + ae^{bX} \text{ — curba combinată} \quad (8)$$

Stabilirea curbei care modelează cel mai bine fenomenul analizat se realizează prin încercări succesive, modelul matematic optim fiind acela al minimului sumei abaterilor fiecărei curbe teoretice faţă de cea reală (metoda celor mai mici pătrate), adică:

$$\sum_{k=1}^{n} d_k^2 = \sum_{k=1}^{n} [Y_k - f(X_k; a_0, a_1, \ldots, a_n)]^2, \quad (9)$$

în care $S = \sum_{k=1}^{n} d_k^2$ este suma pătratelor abaterilor care se va minimiza.

Aflarea valorilor parametrilor $a_0, a_1, \ldots, a_n$. care conduc la cea mai mică valoare a funcţiei

$$S = S(a_0, a_1, \ldots, a_n), \quad (10)$$

revine la rezolvarea sistemului de ecuaţii:

$$\frac{\partial S}{\partial a_0} = 0; \quad \frac{\partial S}{\partial a_1} = 0; \quad \ldots; \quad \frac{\partial S}{\partial a_n} = 0. \quad (11)$$

Tabelul 1

Consumurile medii anuale de energie electrică pe apartamente cu două-trei camere construite în mediul urban

$W = f(t)$

Anul	1976	1977	1978	1979	1980	1981
W [kWh/an]	992	1027	1150	807	954	1020
Ritm anual de creştere [%]	3,5		11,9	18,2		6,9

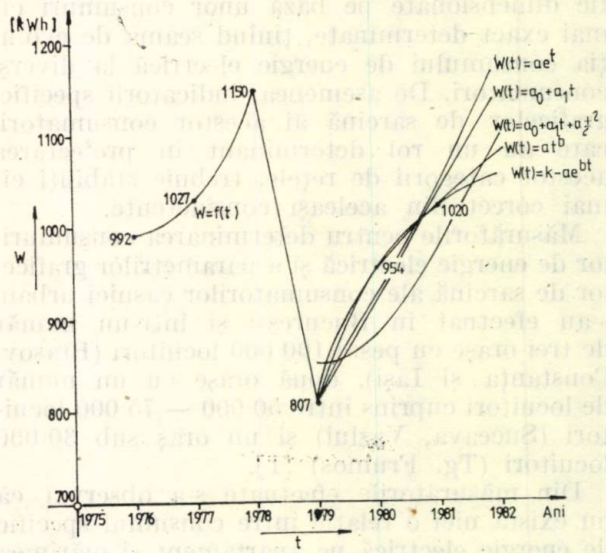


Fig. 1. Reprezentarea grafică a curbei reale W = f(t).

În tabelul 1 sînt date consumurile medii anuale de energie electrică înregistrate la consumatorii analizaţi, în intervalul 1976—1981, care locuiesc în apartamente cu două şi trei camere. Concluzia desprinsă a fost aceea că nu sînt diferenţe de consum de energie electrică (kWh/an) între cele două categorii de consumatori.

Tabelul 2

Prognoza consumului anual de energie electrică a consumatorilor casnici urbani utilizînd diferite modele matematice pentru curba de trend

Notaţia	Denumirea curbei şi expresia ei	t	t_1			t_2			7	12	$\sum_{k=1}^{n} d_k^2$
			1	2	3	1	2	3			
		Anul	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1985	1990	
	Curba reală		992	1027	1150	807	954	1020	—	—	—
a	Curba liniară $W(t_1) = 817 + 80t_1$ $W(t_2) = 712 + 107{,}6\ t_2$		897	977	1057	819	927	1035	1465	2003	1098
b	Curba parabolă $W(t_1) = 896 + 67t_1 - 5{,}3\ t_1^2$ $W(t_2) = 960 - 188\ t_2 + 74\ t_2^2$		958	1008	1049	846	880	1062	3270	9360	8761
d	Curba exponenţială $W(t_1) = 909(1 + 0{,}077)^{t_1}$ $W(t_2) = 730(1 + 0{,}124)^{t_2}$		979	1054	1136	820	922	1037	1655	2968	1482
e	Curba putere $W(t_1) = 980 \cdot t_1^{0{,}137}$ $W(t_2) = 816 \cdot t_2^{0{,}216}$		980	1077	1139	816	948	1035	1242	1396	342
f	Curba exponenţială modificată $W(t_1) = 1190 - 545{,}7\ e^{-0{,}806t_1}$ $W(t_2) = 1073 - 602\ e^{-0{,}812t_2}$		962	1081	1141	806	954	1020	1070	1073	1
g	Curba logistică $W(t_2) = \frac{10^6}{845 + 525\ e^{-0{,}4t_2}}$		—	—	—	815	925	1006	1140	1184	1101

Reprezentarea grafică a curbei reale $W = f(t)$ (fig. 1) arată că în cursul anului 1979, cînd s-au aplicat noul tarif pentru energia electrică şi măsurile de economisire, consumul casnic pe apartament a înregistrat o scădere relativ pronunţată, ajungînd la circa 800 kWh/an, după care a început să crească din nou, situîndu-se la o valoare de 1020 kWh/an, la nivelul anului 1981, mai mică totuşi decît cea realizată în anul 1978.

Reprezentarea curbei reale sugerează de la început ideea alegerii pentru prognoză a unei legi cu creştere limitată.

Din cauza discontinuităţii în alura curbei de consum înregistrată în anul 1979, determinarea curbei de trend s-a făcut pe cele două porţiuni caracteristice şi anume: anii 1976—1978 şi respectiv, 1979—1981.

În tabelul 2 sînt reprezentate modelele matematice de prognoză folosite şi valorile coeficienţilor respectivi, obţinute din datele reale, pentru tipul de apartament considerat (de două şi trei camere), precum şi rezultatele prognozelor de consum pentru anii 1985 şi 1990, efectuate cu fiecare din modelele prezentate.

Din analiza şi prelucrarea datelor a rezultat că prognozarea consumurilor de energie electrică pe tipul de apartament considerat din cartierele noi de locuinţe dotate cu termoficare şi gaze naturale, dă rezultate comparabile în cazul utilizării pentru curba de trend a curbei putere, a curbei exponenţiale modificate şi a curbei logistice.

Dintre modelele de prognoză care dau erori mici se recomandă utilizarea în proiectare a curbei putere, care, spre deosebire de curbele exponenţială modificată şi logistică, nu conduce la o saturaţie totală, ci la o uşoară creştere anuală a consumului de energie electrică de circa 5%. Aceeaşi recomandare se întîlneşte şi în concluziile altor lucrări de specialitate [3, 10].

Ca valoare prognozată pentru consumul de energie electrică pe apartament, la consumatorii casnici din cartierele nou construite, se poate considera 1250 kWh/an, pentru anul 1985 şi 1400 kWh/an, pentru anul 1990, utilizîndu-se pentru curba de trend, curba putere.

Valoarea puterii absorbite de un consumator se modifică continuu în timp, ea depinzînd de un mare număr de factori, cum ar fi: ora din zi, poziţia zilei în cadrul săptămînii, luna din an, condiţii meteorologice, tipul consumatorilor etc. Din această cauză predeterminarea valorii puterii active într-o anumită lună, zi şi oră a anului nu este o problemă simplă.

În cazul activităţilor de proiectare prezintă interes însă calculul mediei sau mai bine zis al speranţei matematice a puterii absorbite de

un consumator la un moment dat, în cursul orelor de vîrf de sarcină, iarna. Estimarea acesteia este mai simplă decît calculul puterii la un moment dat și se poate obține utilizînd o metodă de prognoză directă globală sau analitică.

Consumul anual de energie al unui consumator este o bază de estimare satisfăcătoare a puterii medii de vîrf, valoare care interesează în mod deosebit exploatarea.

Pornind de la consumul anual de energie W_{an}(kWh/an) și de la timpul de utilizare a puterii active maxime $T_{max\,P}$(h/an), se obține puterea medie absorbită la vîrf de un consumator, conform relației:

$$P_{mV} = \frac{W_{an}}{T_{max\,P}} \text{ [kW]}. \qquad (12)$$

Această metodă se bazează pe faptul că valoarea timpului de utilizare a puterii maxime se păstrează constantă, sau aproape constantă, pentru o anumită categorie de consumatori. Metoda prezintă dezavantajul că pentru perioade lungi de timp valoarea lui $T_{max\,P}$ se poate modifica și astfel rezultatele nu mai sînt corecte.

În urma calculelor efectuate, ținînd seama de energiile prognozate pentru anii 1985 și 1990 și considerînd timpul de utilizare a puterii maxime constant, se estimează ca puterile medii absorbite de un consumator la vîrful de sarcină să ajungă la următoarele valori:

În anul 1985 — $P_{mV} = 0{,}480$ kW.

În anul 1990 — $P_{mV} = 0{,}550$ kW.

Puterile medii de calcul pe apartament de 1000 W pe baza cărora se face, în prezent, dimensionarea unei rețele electrice de distribuție dintr-un cvartal nou de locuințe sînt mari. O valoare de calcul de 700 W pe apartament ar fi acoperitoare pentru viitorii 10—15 ani; această valoare a fost considerată la nivelul postului de transformare de MT/JT, pe barele de joasă tensiune ale acestuia.

Ca o verificare a valorilor obținute de noi pentru P_{mV} s-au aplicat formulele propuse de R. Juricic [7] și utilizate la Electricité de France, de estimare a puterilor absorbite (m), plecînd de la consumul anual de energie (C) al unui consumator în joasă tensiune, și anume:

$$m = 0{,}0045\ C^{2/3},$$

sau formula cu doi coeficienți:

$$m = 0{,}0001\ C + 0{,}01\ \sqrt{C},$$

în care m este dat în kW, iar C în kWh.

Calculînd cu aceste formule puterile medii absorbite pe apartament s-a ajuns la următoarele valori pentru anul 1990:

— cu prima formulă: $m = 0{,}563$ kW;

— cu a doua formulă: $m = 0{,}514$ kW;

față de valoarea rezultată de $P_{mV} = 0{,}550$ kW, la nivelul aceluiași an. Se constată o bună concordanță între valorile obținute prin cele două metode prezentate.

În urma prelucrării datelor statistice din chestionarele completate la abonații respectivi a rezultat, pentru puterea medie instalată pe apartamentele de două-trei camere, valoarea de circa 3 kW, avînd următoarea defalcare procentuală:

— aparate electrocasnice: 5%;

— activitatea destinată întreținerii locuințelor, asigurării confortului, pentru executarea și întreținerea vestimentației: 73%;

— activitatea cultural-distractivă: 6%;

— iluminat electric: 12%;

— alte activități: 4%.

Pe baza datelor obținute și a prelucrării acestora s-au determinat valorile principalilor indicatori care caracterizează curbele de sarcină ale consumatorilor, și anume:

— puterea activă medie absorbită la vîrful de sarcină: P_{mV}(kW);

— puterea reactivă medie absorbită: Q_{mV} (kVar);

— timpul de utilizare a puterii active maxime $T_{max\,P}$ (h/an);

— timpul de utilizare a puterii reactive maxime: $T_{max\,P}$ (h/an);

— factorul de putere mediu: $\cos \varphi_{med}$.

Acești indicatori au fost determinați cu următoarele relații de calcul:

$$T_{max\,P} = \frac{\sum_{k=1}^{n} P_k\, \Delta t_k}{P_{mV}} \text{ [h/an]}; \qquad (13)$$

$$T_{max\,Q} = \frac{\sum_{k=1}^{n} Q_k\, \Delta t_k}{Q_{mV}} \text{ [h/an]}; \qquad (14)$$

$$\cos \varphi_{med} = \frac{1}{n} \cdot \frac{\sum_{k=1}^{n} P_k}{\sum_{k=1}^{n} \left(\sqrt{P_k^2 + Q_k^2}\right)} \qquad (15)$$

În tabelul 3 se indică valorile globale ale parametrilor graficelor de sarcină ale consumatorilor casnici urbani și coeficientul de variație C_v, în procente, pentru fiecare din parametrii determinați, în raport cu valoarea medie.

Se reamintește că valoarea coeficientului de variație C_v este valoarea numerică a raportului dintre abaterea medie s și media aritmetică $\bar{x}$.

Din analiza valorilor din tabelul 3 și a celor prezentate mai sus, rezultă următoarele concluzii:

— Duratele de utilizare a sarcinilor maxime active și reactive ($T_{max P}$, $T_{max Q}$) au valori

Tabelul 3

Valorile principalilor indicatori ai graficelor de sarcină a consumatorilor casnici urbani care au rezultat în urma măsurătorilor efectuate

Nr. crt.	Denumirea indicatorului	Valori medii	Valori extreme	Coeficientul de variație C_v [%]
1	Puterea activă medie absorbită la vîrful de sarcină P_{mV} [kW]	0,45	0,29...0,56	25
2	Puterea reactivă medie absorbită la vîrf. Q_{mV} [kVar]	0,19	0,113...0,315	31
3	Puterea medie instalată pe apartament P_i	3	2,32...3,6	12
4	Timpul de utilizare a puterii active maxime $T_{max\,P}$ [h/an]	3100	2444...3450	15
5	Timpul de utilizare a puterii reactive maxime $T_{max\,Q}$ [h/an]	5100	3531...6624	5
6	Factorul de putere mediu cos φ_{med}	0,82	0,8...0,84	6

mai mari decît cele considerate curent în proiectare. Acest aspect influențează, în primul rînd, determinarea corectă a pierderilor de energie electrică în rețelele de distribuție urbană.

Pentru timpul de utilizare a puterii active maxime a rezultat valoarea de 3100 h/an. Se recomandă să se considere pentru calculul rețelelor electrice de distribuție urbană, valoarea de $T_{max\,P} = 3500$ h/an, iar pentru timpul de utilizare a puterii reactive maxime valoarea $T_{max\,Q} = 5000$ h/an.

— Factorul de putere are valori sensibil mai mici pe diferite trepte ale rețelei de distribuție, față de valorile considerate în proiectare. Acest fapt poate influența în mare măsură soluțiile de compensare a puterii reactive în rețelele de joasă tensiune. Avînd în vedere valorile ridicate ale duratei de utilizare a sarcinii maxime reactive rezultă a fi oportună studierea variantei de compensare a puterii reactive pe barele de joasă tensiune ale posturilor de transformare.

Pentru calculul rețelelor electrice de distribuție urbană va trebui să se considere un factor de putere mediu de cos $\varphi_{med} = 0{,}82$.

— Este important de subliniat că apariția unor schimbări de ordin cantitativ și calitativ ale condițiilor generale, care au stat la baza alegerii unui model de prognoză a consumului de energie electrică, conduce la necesitatea verificării continue a modelului ales pentru a fi pus în concordanță cu noile condiții.

— De altfel volumul măsurătorilor efectuate a fost redus astfel încît valorile obținute pentru diverșii indicatori ai curbelor de sarcină ai consumatorilor casnici urbani vor trebui în continuare verificate, pentru ca ei să poată constitui date certe pentru introducerea lor în normativele de proiectare a acestor categorii de rețele. De asemenea, vor trebui extinse măsurătorile și la alte categorii de consumatori casnici și social-culturali pentru a cuprinde întreaga categorie de sarcini electrice, în vederea unei dimensionări corecte a rețelelor electrice de distribuție urbană.

Exprim mulțumiri tov. sing. D. Caraivan de la ICEMENERG pentru concursul dat în efectuarea de calcule și interpretarea unor diagrame.

Bibliografie

[1] Ionescu G.-T., Caraivan D.: *Studiu privind stabilirea investițiilor minime în perioada 1983—1985 și orientativ în perspectiva anului 1990 privind rețelele electrice de distribuție urbană.* Lucrare ICEMENERG — contract 6033/1982.

[2] Crișan O.: *Optimizări decizionale în sistemele electroenergetice.* Ed. Facla, Timișoara, 1975.

[3] Poeată A., Georgescu Gh., Condurache Gh.: *Contribuții la stabilirea prognozei consumului de energie electrică a consumatorilor urbani.* Buletinul Institutului Politehnic Iași. Tomul XXII, Fasc. 1—2, Secția III, 1977.

[4] Georgescu Gh., Poeată A., Poeată N.: *Contribuții la identificarea parametrilor modelelor matematice pentru optimizarea exploatării și dezvoltării rețelelor electrice urbane.* Buletinul I.P. Iași. Tomul XXV, Fasc. 3—4, Secția III, 1979.

[5] Rumșinski L. Z.: *Prelucrarea matematică a datelor experimentale.* Ed. Tehnică, București, 1974.

[6] Dorn W. S., Crackern D. D. Mc.: *Metode numerice cu programe în Fortran.* Ed. Tehnică, București, 1976.

[7] Juricic R.: *Estimation des puissances applées à partir de consommation d'énergie en basse tension.* În: R.G.E. — Tome 80, nr. 12, decembrie 1971, p. 932—934.

[8] Basset J. J.: *La gestion de l'énergie dans le secteur tertiaire.* În: R.G.E. — Tome 90, nr. 12, decembrie 1981, p. 897—900.

[9] Aberson L. M.: *Optimizația regulirovaniia napriajeniia.* Ed. Energia, Moscova, 1975.

[10] Fedosenko R. I.: *Nadejnost electrosnabjeniia i electriceskie nagruzki.* Ed. Energia, Moscova, 1967.

(Primit la 10 ianuarie 1983, acceptat la 10 februarie 1983)

Researches Concerning the Gasification of Low Grade Fuel (Bituminous Shales, Lignites) and Pit Coal Processing Wastes

V. Vuleu, D. Sc., a.o.

The National Council for Science and Technology has assigned the University of Braşov in 1975 to study the use by gasification of low grade fuels with heating values of about 2000 kcal/kg like the bituminous shales of Anina and the pit coal of Rovinari. At the beginning, the bituminous shales gasification possibilities were to be studied in usual gas producers. Thus, in the period 1975—1976 such a gas producer has been built using supply air from the metallurgical industry. The studies carried out in the fall of 1976 have shown that bituminous shales with a poor carbon content produce great burning problems without an aid of high grade fuels (gas, oil) and cannot be processed in classical gas producers. Because of the low temperature heat in the burning area, the ignition of fresh fuel in the gas producer is not so easy and the large quantity of ash is the main heat user. Under these circumstances, the heat quantity available for the compensation of endothermal gasification reactions is quite scarce.

But this is not the only conclusion, there exists a positive conclusion as well. The gas producer built as a high oven where the fuel, the burning gases and the burnt gases flow in countercurrent has pointed out a phenomenon which was decisive for further researches. Thus, the testing of bituminous shales beds burning (of different dimensions of grain obtained by selection) has revealed that there exists a grain dimension which gives the fuel bed a good permeability and enables a good burning gas circulation, so that, by an advanced preheating of bituminous shales grains, the burning areas acquires stability excluding the danger of an extinction through the missing of supplementary heat (the burning condition $\partial T/\partial X = 0$ being fulfilled).

This observation was granted the Patent No. 73934. In order to testify the viability of the idea contained in the mentioned patent the research team have carried out tests on a laboratory scale equipment in the year 1977 and have later on brought essential improvements to the gas producer built in 1975—1976. The new operation principle tested in laboratory and on the pilot installation has proved the fact that the researches have been shifted from a classical area in a new original area. The obtained combustion gases having a heating value of about 1950—2100 kcal/m^{3}N promised to be quite proficient for the energy field.

The success obtained was limited however by a negative observation. If the fuel bed was to have a certain permeability (tolerant enough towards high values but limiting towards low values) it meant that the bituminous shale having grains under a certain dimension (the fines) was not usable in the new procedure. The selective use of bituminous shales becomes thus an argument against continuing further research, in spite of the promising theoretical and experimental results obtained. Thus, another research item for the use of the entire fuel quantity by briquetting was proposed. By briquetting the fuel bed acquired a homogeneous section permeability and the burning conditions improved highly as compared to the initial grain dimensioning obtained by separation. The researches have proved that the bituminous shale can be easily briquetted by crushing in Kolergang mixers with improved rolls (Patent No. 59798) and sprayed with water. The research team has worked hard for the promotion of the new gasification process with briquetted bituminous shales which permits its exhaustive utilisation.

During the research work, another team from the Energy Research and Modernizing Institute (ICEMENERG) of Bucharest, led by the engineers Ionescu Ion and Alexandru Forje have proposed the including into the bituminous shales briquetts of another waste material (filter press cake). Because of its high heating value, several briquetting tests with the composite fuel were carried out and the best results were obtained with 50 % bituminous shale and 50 % filter press cake. The tests carried out with this composite fuel have proved that the heating value of the gases obtained increases to about 2500 kcal/m^{3}N. Thus, beginning with the year 1977 a real way for the energetic use of a pit coal waste has been opened with a view to the party and state decisions concerning the economical use of all reprocessable materials.

The next research stages between 1978 and 1980 were focussed on the building of a semi-industrial gas producer, patented under the No. 73394 and on the establishing of its real thermal regime thus that a scientific and experimental scientific basis should exist for the industrial design. The semi-industrial gas producer has once again proved the validity and viability of the new gasification process, while the thermal dynamic process has an efficiency ranging from 72 to 76 %. The researches have been extended with tests of gasification of the Rovinari lignite carried out at ICEMENERG Bucharest. The final data obtained have demonstrated that lignites burn better in a gas producer, that combustible gases with a heating value of about 2300 kcal/m^{3}N can be obtained and that the semi-industrial gas producer is built so as to enable the gasification of any fuel or combustible waste. As a results, the idea was promoted to replace the support fuel from thermal power plants burning low grade fuels with gases produced in the gas producers, achieving thus important currency savings.

The latest experiments carried out with this aim in 1980 have revealed the shortcomings of this experimental facility. If the installation is increased by extrapolation for full industrial scale by enlargening the gas producer dimensions there occurs a risk since the chemical and thermal dynamic processes from inside are non-linear. By a critical analysis of these limits and by using at the same time the theoretical results of the mathematical modelling attempts of this new gasification process, a new type of gas producer has been built which was to evict the dimensional extrapolation shortcomings constituting a starting point for industrial design but observing the principles of the previously patented gasification process.

The characteristic phenomenon of this new gasification process is the individual bed burning process and the powerful dependence of gasification on the thermal transfer from the burning area to the gasification area. It means that the gasification process is dependent on the heat transferred between the two areas. The mathematical analysis of the thermal transfer between the gasification area and the burning area means to tackle a frontier problem. The fact is to be outlined that during the stage of gasification circumstances analysis the solution itself of the equation (time and space distribution) is not necessar and that it is enough to find the heat quantity needed to ensure a continuous development of the gasification by direct estimation. Thus, an equations problem has been replaced by an optimization problem of a functional, the advantage of transfer from the field of differential equations to the field of optimization which is more easy approachable.

The practical application of the heat quantity estimation permitted and confirmed by the experiments with the gas producer Patent No. 73934, has shown that although the gasification mechanisms have remained the same, the gasification area has a series of subzones differing from what was known at the classical process — a gasification process where the carbon is bound by the oxygen blown inside with a sub-unitary excess. This sub-zone has a maximum spreading surface in the near vicinity of frontier D and as we progress away from the frontier the surface decreases as a result of the decrease of the transferred heat quantity $Q = \varphi(x)$; — a dry distillation sub-zone where the volatile produces from the bituminous shale are released. This subzone does not need high temperatures and therefore a part is placed in the sub-zone which precedes and prepares the

burning area, i.e. in the area having temperatures between 700 and 500°C, towards the installation axis where the heat is transmitted through the briquetts bed, so that the gasification temperature is not reached and where there is not a sufficient oxygen concentration because it was used in the gasification sub-zone ; a preparation sub-zone where the bituminous shale is in fact dried up and the extremely volatile matters from the shale evaporate (at 200°C).

Besides the above-mentioned division in sub-zones the mathematical heat quantity Q estimation model has outlined the fact that the experimental gas producer has dimensional horizontal limits. The dimensional enlargening of the gasification space has as a first effect the worsening of the thermal transfer conditions from the burning area, so that the endothermal reactions compensation heat can no longer reach the gas producer axis. As a results, the gasification area rises towards the contact surface (D) with the burning area, so that in the installation axis there appears a bituminous shale quantity which has released only the volatile elements to the produced gas. Thus, the unbound carbon quantity in the ash rises, reducing proportionally, the process efficiency.

An important research stage was the setting up of the quantitative semi-industrial gas producer thermal balance in order to check the evolution of the thermal processes within the patented installation due to the lack of similar data. D. B. Grinzberg has deviced a method to calculate the maximum possible gas quantity and its optimal chemical composition so that by comparison with the gas obtained by a real way it can be seen if the process has been well led from the thermal-chemical point of view. Thus, from the total of gases resulted from the gasification areas and preparing areas covering 124.43 m^3N obtained from 100 kg of briquettes bituminous shale with press filter cakes, a specific amount of 1.24 m^3N of moist gas for 1 kg of briquettes, an optimum quantity has been obtained. The experimentally obtained figure shows that between the real process and the theoretically calculated process there is a difference of 17 % due to the fact that there is too much sterile and it is too difficult to bind all the carbon from the fuel.

The heating value of the theoretical gaseous fuel is $Hi = 1994.34$ kcal/m^3N and the one of the obtained gas, measured with a Junkers calorimeter is 1871.70 kcal/m^3N, the diference of 122.64 kcal/m^3N being due to the carbon unbound during the real process.

The efficiency of the installation is $\eta = 100$. The ratio $Qu/Qc = 100{,}2093.24/2739.89 = 76.37\,\%$, favouring the conclusion that the gasification process and the installation comply totally from the technical and economic point of view with the aim set.

Reducerea și eliminarea consumurilor de hidrocarburi

Cercetări asupra gazeificării combustibililor inferiori (şisturi bituminoase, ligniţi) şi a reziduurilor de la preparaţiile de huilă

Dr. ing. V. Vulcu *

Introducere

Problema valorificării prin gazeificare a combustibililor inferiori, cu puteri calorifice în jurul a 2000 kcal/kg, de tipul şisturilor bituminoase de Anina şi a ligniţilor de Rovinari, a fost propusă ca temă de cercetare Universităţii din Braşov de Consiliul Naţional de Ştiinţă şi Tehnologie în anul 1975. Deoarece iniţial s-a pus problema studierii posibilităţilor de gazeificare a şisturilor bituminoase cu gazogene clasice, în anii 1975—1976, s-a proiectat şi construit un astfel de gazogen la care, colectivul de cercetare a introdus un sistem de alimentare cu aer propriu instalaţiilor din industria metalurgică. Experimentările efectuate în toamna anului 1976 au arătat că un gazogen clasic nu poate realiza gazeificarea şisturilor bituminoase, sărace în carbon, care au în principal mari probleme de ardere, fără aport suplimentar de combustibili superiori (gaz metan, păcură). Din cauza căldurii insuficiente dezvoltate în zona de ardere, aprinderea combustibilului proaspăt în gazogen se face greu, cantitatea mare de cenuşă fiind principalul consumator de căldură. În aceste condiţii era foarte greu să mai rămînă căldură disponibilă şi pentru compensarea reacţiilor endoterme proprii gazeificării.

Acestei concluzii i s-a adăugat însă şi o concluzie pozitivă. Construirea gazogenului pe principiul cuptoarelor înalte, în care combustibilul, gazele combustibile şi gazele de ardere, circulă în contracurent, a permis observarea unui fenomen care s-a dovedit esenţial în hotărîrea de a continua cercetările; experimentînd arderi de şist bituminos în strat (cu diferite granulaţii obţinute prin sortare manuală) s-a remarcat că există o granulaţie peste care permeabilitatea stratului combustibil permite o bună circulaţie a gazelor de ardere, astfel încît, prin preîncălzirea avansată a granulelor de şist bituminos, zona de ardere să devină stabilă, fără a mai apărea pericolul de stingere din lipsă de aport termic (îndeplinirea condiţiei de ardere $\partial T/\partial X = 0$).

Constatarea prezentată a condus la propunerea de invenţie dosar OSIM nr. 88766 (0046800/18.12.1976), brevetată sub nr. 73934 în 30.VIII.1978 cu hotărîrea nr. 4395, autorii fiind Vulcu Vasile, C. Samoilă, V. Hoffman,

*Dr. ing. V. Vulcu este ing. pr. II la serviciul metalurgic — Intreprinderea Tractorul Braşov.

E. Chiș, S. Bobancu, I. Muntă. Pentru confirmarea viabilității ideii conținute în brevetul amintit, în anul 1977, colectivul de cercetare a efectuat experimentări pe o instalație de laborator, iar ulterior a efectuat modificări esențiale gazogenului construit în anii 1975—1976 (fig. 5b). Noul principiu de funcționare experimentat în laborator și pe instalația pilot, a dovedit faptul că cercetările s-au transferat din domeniul clasic într-un domeniu nou, original. Gazele combustibile avînd puterea calorifică în jur de 1950—2100 kcal/m³N promiteau o utilizare eficientă în sectorul energetic.

Succesul obținut cu gazeificarea era însă limitat de o constatare negativă. Obligînd stratul de combustibil să aibă a permeabilitate anumită (suficient de tolerantă către valorile superioare, dar limitativă în valori inferioare), însemna că șistul bituminos cu granulație sub o anumită dimensiune (măruntul), era inutilizabil în cadrul noului procedeu. Utilizarea selectivă a șistului bituminos devenea astfel un argument împotriva continuării cercetărilor, în ciuda rezultatelor teoretice și experimentale promițătoare obținute. Ca urmare, s-a enunțat tema de cercetare a posibilităților de utilizare, prin brichetare, a întregii cantități de combustibil. Brichetarea oferea avantajul unei permeabilități uniforme a stratului de combustibil, pe secțiune, deci realizarea unor condiții superioare de ardere a șistului bituminos față de varianta inițială cu granulația obținută prin sortare manuală. Cercetările au dovedit că, zdrobit în amestecătoare tip Kolergang, cu role modificate (certificat de inventator nr. 59798, autori V. Vulcu, C. Samoilă, Al. Constantinescu, T. Vasu) și umezit cu apă, șistul bituminos se brichetează ușor. După uscarea în aer, brichetele își păstrează bine forma geometrică și au o rezistență mecanică bună, ceea ce le face apte de transport și ardere în strat. Brichetarea șisturilor bituminoase, domeniu în care colectivul de cercetare a depus eforturi însemnate, a reușit să facă viabil noul procedeu de gazeificare, permițînd utilizarea integrală a șistului bituminos.

În decursul încercărilor de brichetare, un colectiv de la ICEMENERG — București, condus de ing. Ionescu Ion și ing. Alexandru Forje, a propus înglobarea în brichetele de șist bituminos a unui reziduu (turtă — pressfiltru). Avînd în vedere puterea sa calorifică ridicată, s-au efectuat experimentări de brichetare a unui combustibil composit, cele mai bune rezultate dînd varianta cu 50% șist bituminos și 50% turtă — pressfiltru. Experimentările de gazeificare a acestui combustibil composit au dovedit că se obține o creștere a puterii calorifice a gazelor obținute pînă la circa 2500 kcal/m³N. S-a deschis astfel, încă din anul 1977, o cale eficientă de utilizare energetică a unui reziduu din preparațiile de huilă, pe linia hotărîrilor de partid și de stat privind introducerea în circuitul economic a tuturor materialelor refolosibile.

Următoarele etape ale cercetării, anii 1978—1980, au fost destinate realizării unui gazogen semiindustrial, conform brevetului nr. 73934 și stabilirii regimului termic real al acestui gazogen, astfel încît să existe o bază științifică și experimentală pentru proiectarea industrială. Gazogenul semiindustrial a confirmat încă o dată valabilitatea și viabilitatea noului procedeu de gazeificare, ca și realizarea procesului termodinamic cu randamente apreciate între 72 și 76%. Cercetările au fost completate și cu experimentări de gazeificare a ligniților de Rovinari, la propunerea ICEMENERG — București. Datele finale obținute au ilustrat faptul că ligniții ard mai bine în gazogen, că se pot obține gaze combustibile cu puterea calorifică de circa 2300 kcal/m³N și că gazogenul semiindustrial corespunde constructiv pentru gazeificarea oricărui combustibil sau reziduu combustibil. Ca urmare, a fost fundamentată ideea înlocuirii combustibililor suport de la termocentralele cu combustibili inferiori, cu gaze de gazogen, realizîndu-se însemnate economii valutare (V. Vulcu, C. Samoilă, V. Hoffman, Al. Forje).

Ultimele experimentări efectuate în acest scop, cele din anul 1980, au ilustrat însă și limitele instalației experimentale. În varianta constructivă realizată, debitul de gaz obținut este limitat, orice încercare de extrapolare la debite industriale, realizabile prin mărirea dimensiunilor gazogenului, fiind riscantă, dacă se ține cont de neliniaritatea proceselor chimice și termodinamice care au loc în incinta acestuia. Analizîndu-se critic aceste limite și folosindu-se în același timp rezultatele teoretice oferite de încercările de modelare matematică a noului procedeu de gazeificare (C. Badea, I. Benkö) s-a ajuns la un nou gazogen care, respectînd principiile procedeului de gazeificare brevetat anterior, să înlăture „impasul de extrapolare dimensională", constituind o bază de plecare pentru proiectarea industrială.

1. Brichetarea șistului bituminos

Problema brichetării șistului bituminos a apărut atunci cînd primele experimentări efectuate pe gazogenul clasic — perfecționat, au demonstrat că există o anumită granulație a combustibilului, care determină creșterea permeabilității coloanei la valori care să permită o bună circulație a gazelor arse în contracurent cu combustibilul, determinînd o preîncălzire avansată a acestuia și ca urmare, conducînd la stabilizarea zonei de ardere la valori ale parametrilor termici care să permită desfășurarea, fără intervenție din exterior cu un aport suplimentar de căldură, a pregătirii

termice, aprinderii, descompunerii termice și degajării volatilelor.

Cînd granulația șistului bituminos era întîmplătoare, componenta măruntă înfundînd canalele de circulație a gazelor în contracurent, aportul convecției termice în schimbul de căldură al stratului de combustibil devenea infim în cadrul bilanțului termic general și, ca urmare, local, aprinderea termică devenea imposibilă (cantitatea de căldură degajată în urma reacțiilor chimice de ardere era mai mică decît cantitatea de căldură cedată mediului ambiant). Era suficient ca asemenea situații să apară în cîteva puncte ale zonei de ardere (mai ales în cele unde componenta măruntă a șistului bituminos anula convecția termică), situație probabilă ca urmare a repartizării statistice a granulației pe secțiunea zonei de ardere, pentru ca în aceste puncte, reacția de ardere să înceteze, ele devenind din producătoare de căldură, consumatoare de căldură, răcind în consecință zona de ardere și determinînd în final oprirea procesului (V. Vulcu, C. Samoilă).

Aceste constatări termodinamice ale arderii în strat, au condus la experimentări cu granulații diferite și la concluzia finală că, atunci cînd convecția este controlată prin realizarea voită a unei permeabilități corecte a stratului de combustibil, șistul bituminos poate să ardă singur într-o zonă stabilă a coloanei instalației.

Realizarea permeabilității necesare înseamnă însă utilizarea în instalație doar a șistului bituminos în bucăți, praful de șist și măruntul, forme granulare apreciabile cantitativ la șistul utilizat din cauza procesului de exploatare, transportului și descărcării, devenind inutilizabile.

Coloana granulară de șisturi bituminoase se găsește în stare de strat filtrant fix. Gazele străbat canalele înguste și întortocheate formate între granule, pierderile de presiune datorîndu-se forțelor de frecare (viscozității) și forțelor de inerție (schimbărilor de direcție). Se știe că, pe lîngă criteriul lui Reynolds și rugozitatea relativă a canalului, pierderile de presiune la curgerea gazelor sînt influențate și de forma geometrică a granulelor, de poziția lor în raport cu direcția curentului, de granulozitatea și porozitatea stratului și de gradul de uniformitate al repartiției lor în secțiunea perpendiculară pe direcția curentului, de modificările porozității și granulozității stratului de material în timpul procesului, de pereții gazogenului.

S-au efectuat calcule după metodele propuse de Blake, Carman, Leva, Ergun, Heiliegenstaedt, Hodorov, rezultatele cele mai apropiate de determinările practice obținîndu-se cu relația din tabelul 1.

Cele trei exemple de calcul prezentate în tabelul 1 (în realitate s-au efectuat zece determinări și calcule concomitente, plus calculele de depistare a formulei de calcul celei mai adecvate) au dorit să ilustreze faptul că alegerea presiunii de insuflare a aerului, sau a aburului, necesare arderii este în funcție de starea granulometrică a șistului bituminos. Ambele stații pilot au fost dotate cu ventilatoare de 6000 Pa și cu un debit de circa 350 m³N/h, astfel încît să fie bine acoperite toate gamele de rezistențe hidraulice din cursul experimentărilor (C. Samoilă).

Calculele efectuate mai sus pe baza compoziției granulometrice a șistului bituminos brut, aprovizionat de la Anina (C. Samoilă), precum

Tabelul 1

Calculul pierderilor de presiune în coloana de șist bituminos

$$\Delta p = 7{,}16 \cdot \rho_0 \cdot C \cdot W_{f_0}^n \left(\frac{T}{273}\right)^{n-1} [\mathrm{N/m^2}]; \quad Z_g = \frac{1{,}91}{\rho_p\ \mathrm{dm^3}};$$

Fracția granulometrică [mm]			% în greutate			Z_g			$Z\left[\frac{\text{buc}}{\text{m}^3}\right]$			C			n			$\rho_0\left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right]$	$W_{f_0}\left[\frac{\text{m}}{\text{s}}\right]$	T [K]	Δp [N/m²]		
I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III				I	II	III
10—15	8	8	8	8,25	16,7	446	1703,4	1703,4	125500	242558,05	497930,65	81	85	98	1,8	1,78	1,82	1,32	0,50	1273	755	776,835	927,06
15—20	8—15	8—15	14	4,3	9,81	163	573,4	573,4															
20—30	15—21	15—21	40	2,54	4,86	56	71,68	71,68															
30—40	21—70	21—70	26	15,25	25,7	20,4	9,25	9,25															
40—50	70—100	70—100	12	6,25	11,35	9,62	1,42	1,42															
—	+100	+100	—	63,14	31,58	—	0,87	0,87															

și calculele și experimentările efectuate în vederea determinării debitului de aer și gaze la cele trei variante de gazogene încercate (A. Todicescu, G. Turzo) au arătat că granulele sub 10 mm devin inutilizabile în instalațiile de gazeificare cu strat filtrant fix.

Pentru a se folosi integral șisturile bituminoase în instalația de gazeificare, colectivul de cercetare a experimentat brichetarea sortului mărunt după o prealabilă mărunțire și omogenizare în amestecătoare de tip Kolergang, la care s-a modificat și adaptat forma rolelor (brevet nr. 59798). Experimentările efectuate în laborator pe un amestecător cu role modificate, au ilustrat viabilitatea ideii utilizării acestor utilaje pentru mărunțirea șistului bituminos în vederea brichetării, precum și faptul că dacă se pune problema proiectării unor astfel de utilaje cu caracter industrial, teoria existentă în literatura de specialitate este insuficientă. Studii teoretice și experimentale au permis elaborarea unei teorii noi pe plan mondial, care ulterior s-a dovedit valabilă și pentru amestecătoarele de turnătorie, generînd în acest domeniu un alt brevet de invenție nr. 32379. Este vorba despre fenomenul complex de frotare-deformare în volum, care modifică expresia presiunii sub rola amestecătorului. Zona de rostogolire pură, considerată în toată literatura amestecătoarelor cu role la jumătatea generatoarei rolei, se află de fapt deplasată, relația demonstrată fiind complet originală (T. Vasu, V. Vulcu, C. Samoilă). La modificarea formei rolelor, frotarea și deformarea în volum se petrec pe suprafețe înclinate, care determină apariția unui grad de frotare pe adîncimea încărcăturii, favorabil mărunțirii șistului și un grad de frotare pe generatoarea rolei, favorabil amestecării, adică reluării mărunțirii cu alte condiții inițiale (V. Vulcu, C. Samoilă, T. Vasu, Al. Constantinescu, S. Bobancu). Au fost concepute și programe pe calculatorul Wang 2200 — pentru proiectarea utilajului de amestecare (I. Mărgineanu).

Calculele au arătat că dimensiunile obișnuite ale brichetelor de cărbune, existente în comerț, de formă ovoidă, corespund cerințelor de permeabilitate ale stratului de combustibil calculate și determinate experimental, determinînd în plus și o uniformizare pe secțiunea stratului a permeabilității, deci a rezistenței gazodinamice. Ovoizii cu Ø 60 × Ø 46 mm au fost dublați și cu brichete cilindrice cu Ø 50 × × 50 mm, pentru a se efectua determinări ale rezistențelor mecanice și a permeabilității cu aparatura existentă în dotarea laboratorului de turnătorie al catedrei de Utilaj Tehnologic (V. Vulcu, C. Samoilă, N. Popa).

Tabelul 2

Sorturi granulometrice de șist bituminos obținute prin clasare

Sortul [m] / Participație	A $>3\cdot10^{-3}$ m	B $3\cdot10^{-3}-1{,}5\cdot10^{-3}$	C $1{,}5\cdot10^{-3}-1\cdot10^{-3}$	D $1\cdot10^{-3}-0{,}6\cdot10^{-3}$	E $0{,}6\cdot10^{-3}-0{,}3\cdot10^{-3}$	F $0{,}3\cdot10^{-3}$	Total
Gravimetrică [kg]	1,668	1,081	0,537	0,670	0,482	0,562	5,000
Procentuală [%]	33,36	21,62	10,74	13,40	9,64	11,24	100

Tabelul 3

Rezistența la compresiune a brichetilor de șist bituminos

Sortul	Umiditatea minimă 5%		Umiditatea maximă 10%	
	Greutatea [kg]	Rezistența la compresiune [daN/m²]	Greutatea [kg]	Rezistența la compresiune [daN/m²]
A	0,100	—	0,100	—
B	0,100	—	0,100	—
C	0,100	6800	0,100	4000
D	0,117	7700	0,117	4150
E	0,120	6850	0,120	4650
F	0,135	9600	0,135	9750

Pe instalația de clasare prevăzută cu cinci site avînd ochiurile de 3 ; 1,5 ; 1 ; 0,6 ; 0,3 mm, s-au sitat 5000 g de șist bituminos mărunt, uscat în prealabil, obținîndu-se sorturile din tabelul 2. S-au executat brichetele din fiecare sort granulometric, determinîndu-se rezistența lor la compresiune în stare crudă, pe aparatul G. Fischer (tabelul 3), cu datele prelucrate statistic pe calculatorul WANG 22000 (R. Florea). Alte rezultate experimentale sînt prezentate în tabelul 7.

Rezultatele favorabile obținute la brichetarea șisturilor bituminoase, au permis dezvoltarea ideii introducerii în compoziția brichetelor de șist a turtei — pressfiltru rezultată de la preparațiile de huilă, un praf foarte fin de cărbune (granulație 0,6—0,3 mm). Păstrîndu-se procentul de 5% adaos de umiditate, s-a căutat proporția optimă între șistul bituminos și turta — pressfiltru. Din multitudinea

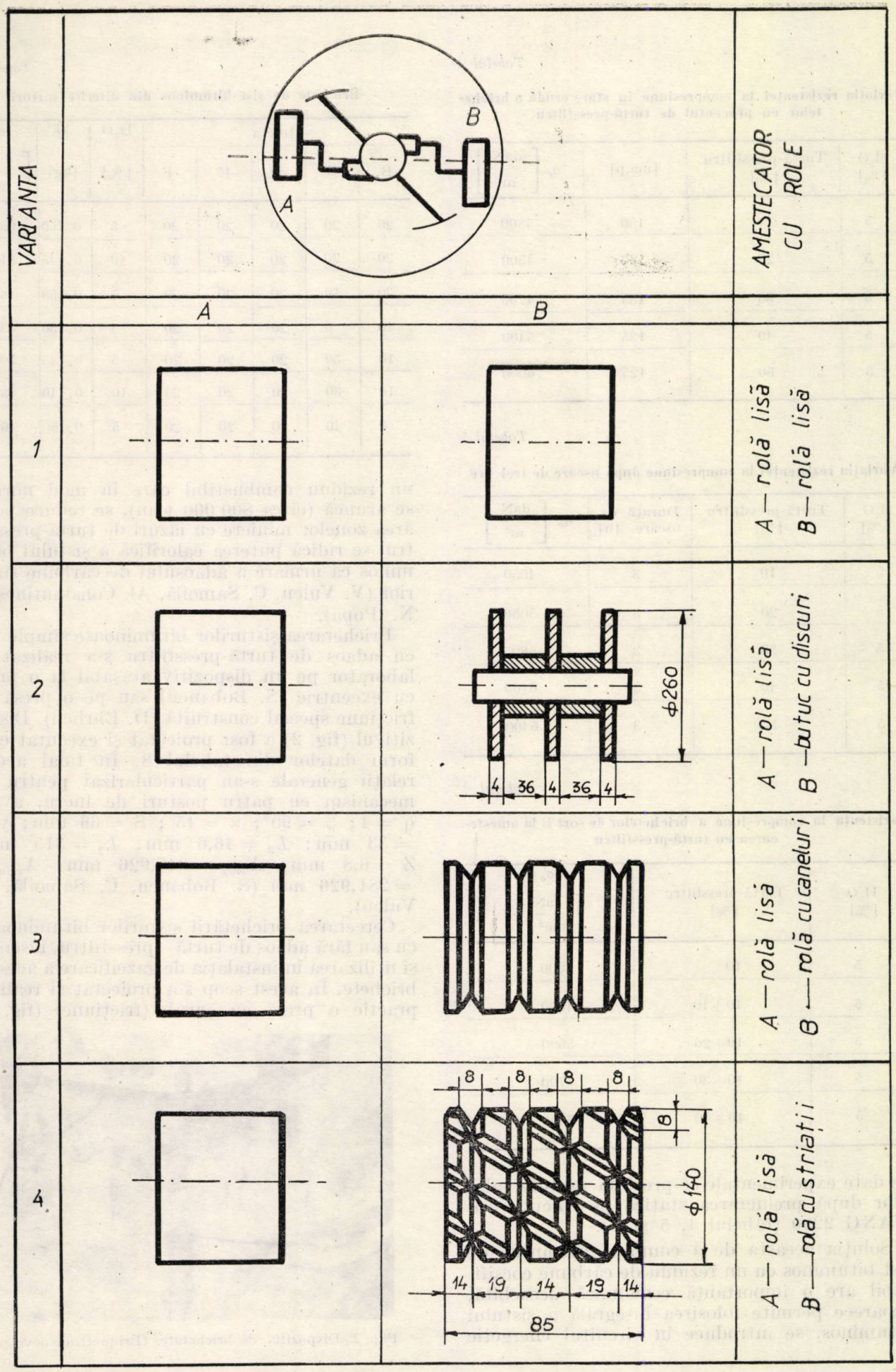


Fig. 1. Role utilizate la mărunțirea șisturilor bituminoase (brevet nr. 59798). (Rollers used for crushing bituminous shales — Patent No. 59798).

Tabelul 4

Variația rezistenței la compresiune în stare crudă a brichetelor cu procentul de turtă-pressfiltru

H_2O [%]	Turtă-pressfiltru [%]	[u.a.p]	$\sigma_c \left[\frac{daN}{m^2}\right]$
5	10	150	3800
5	20	140	4500
5	30	135	4700
5	40	135	5400
5	50	125	6000

Tabelul 5

Variația rezistenței la compresiune după uscare de trei ore

H_2O [%]	Turtă-pressfiltru [%]	Durată de uscare [h]	$\sigma_c \left[\frac{daN}{m^2}\right]$
5	10	3	4050
5	20	3	5050
5	30	3	5800
5	40	3	6100
5	50	3	6400

Tabelul 6

Rezistența la compresiune a brichetelor de sort B la amestecarea cu turtă-pressfiltru

H_2O [%]	Turtă-pressfiltru [%]	$\sigma_c \left[\frac{daN}{m^2}\right]$
5	10	3600
5	10+10	4800
5	10+20	5600
5	10+30	5700
5	10+40	5850

de date experimentale se prezintă mediile valorilor după prelucrarea statică pe calculatorul WANG 2200 (tabelul 4, 5 și 6).

Soluția aceasta de a combina măruntul de șist bituminos cu un reziduu de cărbune cocsificabil are o importanță economică deosebită, deoarece permite folosirea integrală a șistului bituminos, se introduce în circuitul energetic

Tabelul 7

Brichete de șist bituminos din diferite sorturi

Rețeta					H_2O	G	σ_c
B	C	D	E	F	[%]	[kg]	$\left[\frac{daN}{m^2}\right]$
20	20	20	20	20	5	0,150	6850
20	20	20	20	20	10	0,145	8150
30	10	20	20	20	5	0,150	3850
40	0	20	20	20	5	0,150	4350
10	30	20	20	20	5	0,145	5000
10	30	20	20	20	10	0,140	4800
0	40	20	20	20	5	0,150	4600

un reziduu combustibil care în mod normal se aruncă (circa 800 000 t/an), se reduce poluarea zonelor miniere cu iazuri de turtă-pressfiltru, se ridică puterea calorifică a șistului bituminos ca urmare a adaosului de cărbune superior (V. Vulcu, C. Samoilă, Al. Constantinescu, N. Popa).

Brichetarea șisturilor bituminoase simple sau cu adaos de turtă-pressfiltru s-a realizat în laborator pe un dispozitiv atașabil la o presă cu excentric (S. Bobancu) sau pe o presă cu fricțiune special construită (D. Ehrlich). Dispozitivul (fig. 2) a fost proiectat și executat conform datelor din tabelul 8. În final aceste relații generale s-au particularizat pentru un mecanism cu patru posturi de lucru, avînd $q = 4$; $\beta = 90°$; $\varkappa = 45°$; $S = 66$ mm; $y = 33$ mm; $L_3 = 46{,}6$ mm; $L_2 = 315$ mm; $Z = 6{,}8$ mm; $X_{max} = 347{,}926$ mm; $X_{min} = 281{,}926$ mm (S. Bobancu, C. Samoilă, V. Vulcu).

Cercetarea brichetării șisturilor bituminoase, cu sau fără adaos de turtă—pressfiltru, însemna și utilizarea în instalația de gazeificare a acestor brichete. În acest scop s-a proiectat și realizat practic o presă cu șurub (fricțiune) (fig. 4)

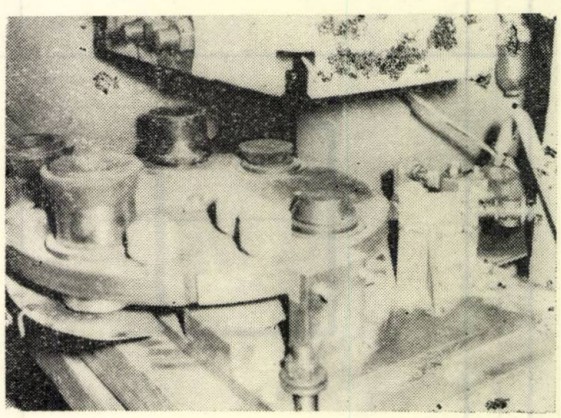


Fig. 2. Dispozitiv de brichetare. (Briquetting device).

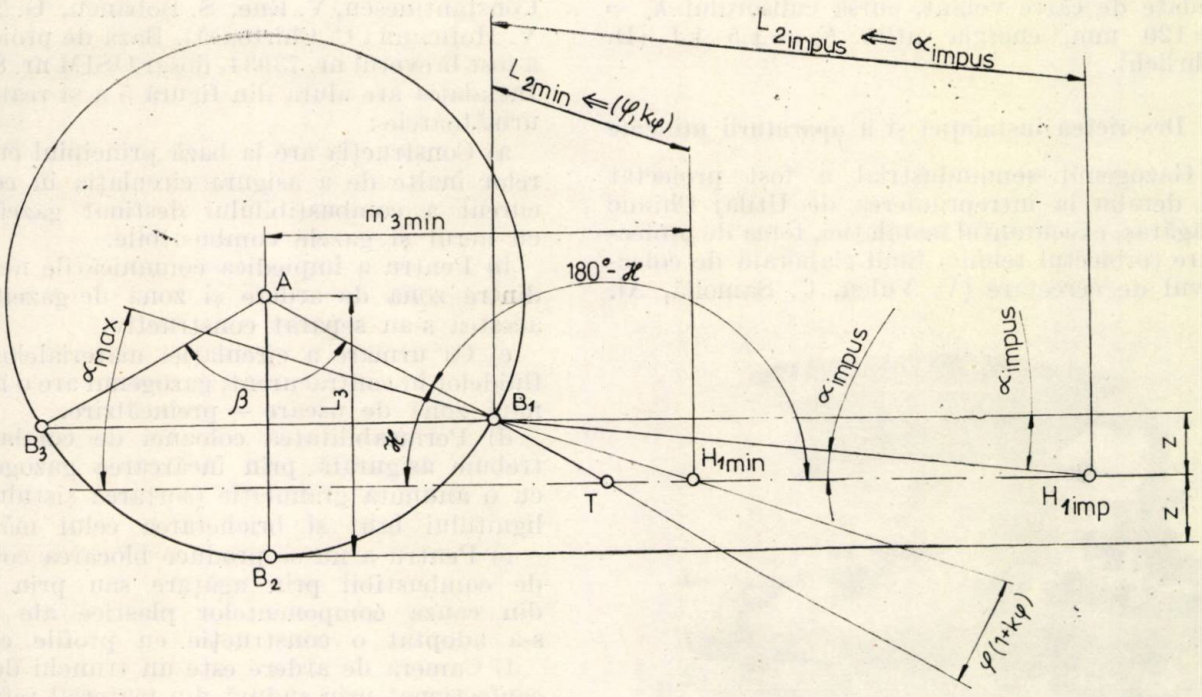


Fig. 3. Schemă de calcul a dispozitivului de brichetare. (Calculation diagram for the briquetting device).

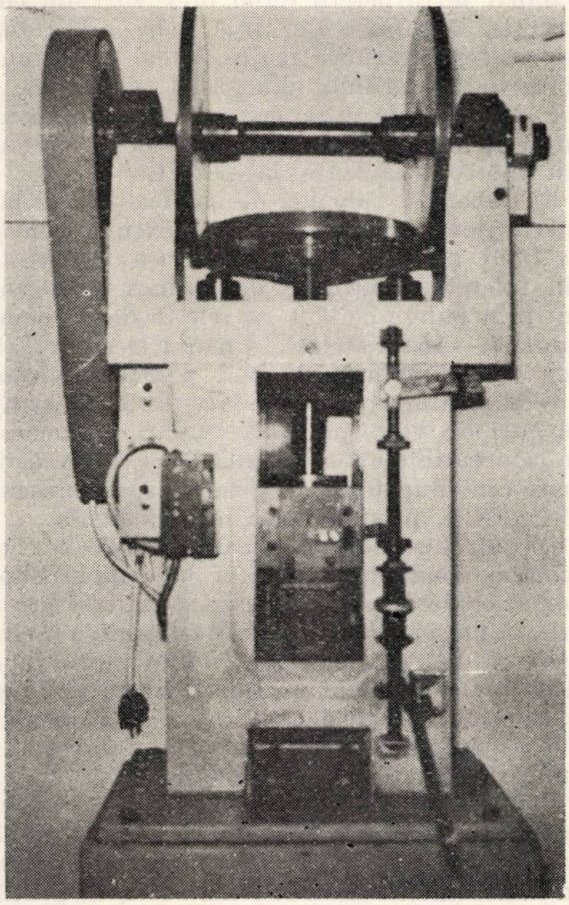


Fig. 4. Presă cu frictiune pentru brichetare. (Friction press for briquetting).

cu următoarele caracteristici constructive : presa are un șurub mobil cu mișcare de rototranslație și o piuliță fixă în batiu, antrenarea volantului se face prin fricțiune, volantul este cuplat cu șurubul prin intermediul unui cuplaj limitator cu fricțiune în scopul reglării energiei minime

Tabelul 8

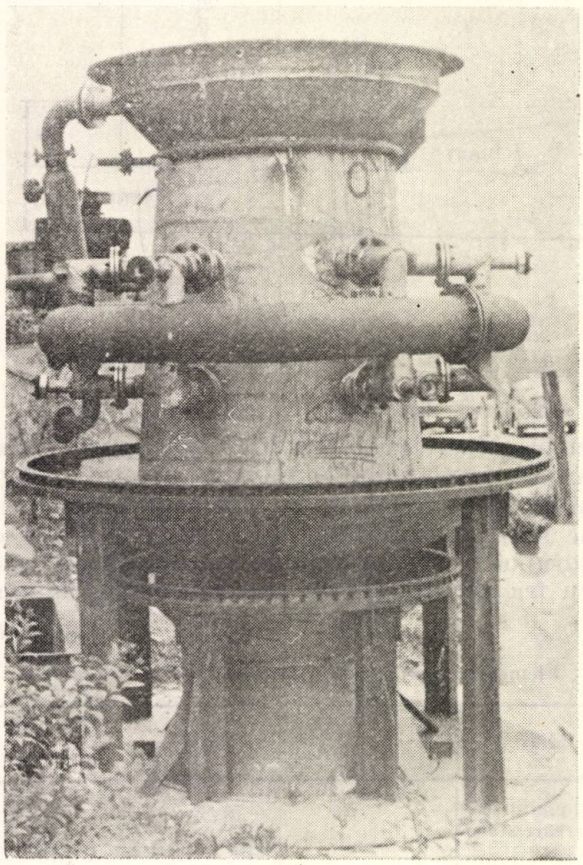
Elemente de proiectare a dispozitivului de brichetare

Mărimea	Relația
Unghiul de frecare static	$\varphi_k = \varphi\,(1 + k\cdot\varphi)$
Unghiurile de presiune	$\varkappa_1 = 0 \begin{cases} \gamma_1 + \varkappa = 90^\circ \\ \gamma_1 = 90 - \varkappa \end{cases} -①\,;\ \alpha_2 = \gamma_2 - \alpha'_m \ -②$ $\varkappa_3 = 0 \begin{cases} \gamma_3 + \varkappa + 90^\circ = 180^\circ \\ \gamma_3 = 90 + \gamma \end{cases} -③$ $\alpha_4 = \text{arc tg}\ L_3/L_2 - \text{arc sin}\ L_2 \cdot \sin \varkappa / \sqrt{L_2^2 + L_3^2}\,;\ \ \gamma_4 = 0 \ -④$
Vitezele	$\omega_3 = \dfrac{L_2 \cdot \cos \varepsilon_2}{L_2 L_3 \sin \varepsilon_3 \cdot \cos \varepsilon_2 - L_2 L_3 \sin \varepsilon_2 \cos \varepsilon_3} \cdot V\,;$ $\omega_2 = \dfrac{L_3 \cdot \cos \varepsilon_3}{L_2 L_3 \sin \varepsilon_2 \cos \varepsilon_3 - L_2 L_3 \sin \varepsilon_3 \cos \varepsilon_2} \cdot V\,;$
Accelerațiile	$\varepsilon_3 = \dfrac{\ddot{x} \cdot \cos \varepsilon_2 - L_2 \cdot \varepsilon_2^2 - L_3 \cdot \varepsilon_3^2 \cos(\varepsilon_2 - \varepsilon_2)}{L_3 \cdot \sin(\varepsilon_3 - \varepsilon_2)}\,;$ $\varepsilon_2 = \dfrac{\ddot{x} \cdot \cos \varepsilon_3 - L_2 \cdot \varepsilon_2^2 \cdot \cos(\varepsilon_3 - \varepsilon_2) - L_3 \cdot \varepsilon_3^2}{L_2 \cdot \sin(\varepsilon_2 - \varepsilon_3)}\,;$

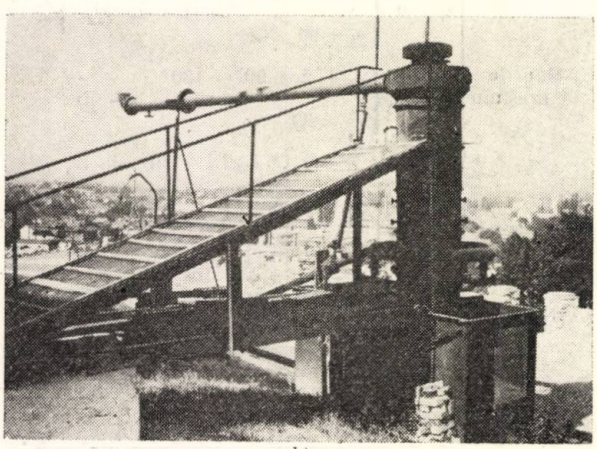
cedate de către volant, cursa culisorului h_c = = 120 mm, energia utilă E_u = 1,5 kJ (D. Ehrlich).

2. Descrierea instalației și a aparaturii utilizate

Gazogenul semiindustrial a fost proiectat în detaliu la întreprinderea de Utilaj Chimic Făgăraș, executantul instalației, tema de proiectare (proiectul tehnic) fiind elaborată de colectivul de cercetare (V. Vulcu, C. Samoilă, Al. Constantinescu, V. Ene, S. Bobancu, G. Turzo, V. Hofmann; C. Chirtoacă). Baza de proiectare a fost brevetul nr. 73934, dosar OSIM nr. 88766. Instalația are alura din figura 5 a și realizează următoarele:



a)



b)

Fig. 5. Gazogene: a — gazogenul brevet nr. 73934; b — gazogenul inițial, varianta perfecționată. (Gas producers: a — gas producer Patent No. 73934; b — first gas producer, improved).

a) Construcția are la bază principiul cuptoarelor înalte de a asigura circulația în contracurent a combustibilului destinat gazeificării cu aerul și gazele combustibile.

b) Pentru a împiedica comunicările nedorite dintre zona de ardere și zona de gazeificare, acestea s-au separat constructiv.

c) Ca urmare a circulației materialelor și a fluidelor în contracurent, gazogenul are o însemnată zonă de uscare — preîncălzire.

d) Permeabilitatea coloanei de combustibil trebuie asigurată prin încărcarea gazogenului cu o anumită granulație (sortarea șistului sau lignitului brut și brichetarea celui mărunt).

e) Pentru a nu se produce blocarea coloanei de combustibil prin agățare sau prin lipire din cauza componentelor plastice ale zgurii s-a adoptat o construcție cu profile conice.

f) Camera de ardere este un trunchi de con, confecționat prin sudură din material refractar inoxidabil, cerință dictată de conținutul ridicat de sulf al combustibililor inferiori. Izolarea termică a zonei se face cu pămînt de Popești, ștampat între pereții dubli prevăzuți din construcție. Mantaua din oțel refractar rezistă atît la temperaturile înalte, cît și la acțiunea abrazivă a sterilului din șistul bituminos.

g) Camera de gazeificare este de asemenea un trunchi de con executat din oțel refractar, din motivele arătate la pct. f.

h) Coborîrea coloanei de combustibil se face gravitațional, pe măsură ce se extrage cenușa, ea fiind deci secvențială. Cenușa se extrage din talerele tronconice de la baza gazogenului, prin palete ce sînt antrenate de sistemul: coroană — roată stelată — motor electric. Talerele sînt umplute cu apă pentru etanșare.

i) Alimentarea cu aer se face printr-un sistem de guri de vînt (pe două rînduri) alimentate de la o cutie de aer comună, de către ventilatoare centrifugale avînd caracteristicile: debit: 350 m^3N/h, presiune maximă: 6000 Pa.

j) Colectarea gazelor combustibile se face printr-o conductă racordată la orificiul superior al camerei de gazeificare, conductă prevăzută cu un schimbător de căldură pentru răcirea gazelor. La extremitatea schimbătorului de căldură s-a prevăzut un separator cu apă pentru oprirea produselor uleioase și a reziduurilor ce înfundă armăturile, contoarele și secțiunea conductelor de transport.

Pentru măsurările de regim s-a construit un tablou de comandă prevăzut cu un milivoltmetru MI — 192 p — pentru zona de ardere, un milivoltmetru identic pentru zona de gazeificare, un logometru tip LI — 192 p pentru gazele obținute, un aparat de înregistrare cu

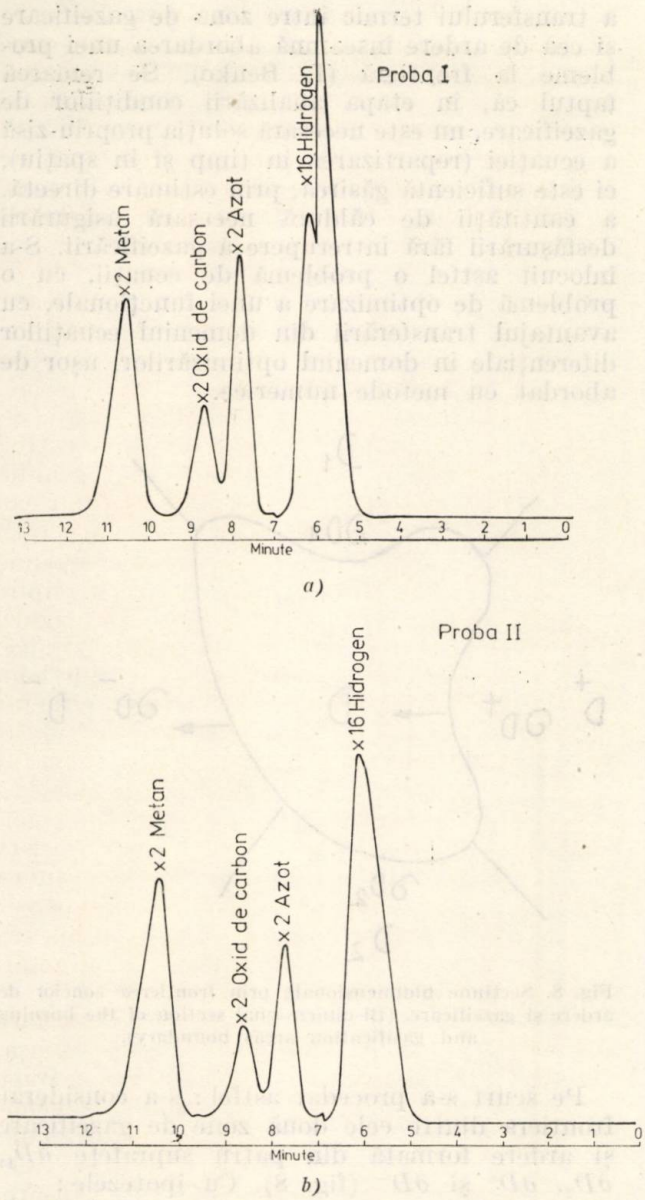


Fig. 6. Cromatograme: a — proba I; b — proba a II-a. (Chromatograms: a — first test; b — second test).

trei peniţe tip F—LA 020, un comutator manual CM 12 şi un întreruptor principal. Traductoarele utilizate: AT 36 şi ELT 370 sînt echipate cu filtru reductor FR 100 (Fr. Sisak).

Analiza gazelor arse s-a efectuat cu aparatură ORSAT — chimică (L. Oprei; R. Tică; C. Costea; E. Chiş) şi electrică (V. Bednar; H. Bednar; S. Munteanu; E. Voina). Pentru mărirea preciziei măsurătorilor s-a utilizat şi un cromatograf GCA—4 cu detector catarometric, la care determinarea cantitativă se face prin comparaţie faţă de etaloane cunoscute (S. Munteanu; H. Bednar). Gazul purtător a fost argonul (fig. 6).

S-a construit şi un gazanalizor de CO şi CO_2 cu traductoare de infraroşii (legea Burger-Lambert) (D. Bot; C. Samoilă, A. Goga). Sursa de infraroşii este o spirală de Cr—Ni, montată în focarul a două oglinzi parabolice. Traductorul capacitiv se compune, în principiu, dintr-un condensator cu membrană, din două camere separate cu ferestre şi o diagramă pentru punerea la „zero". Amplificatorul este cu reacţie negativă şi cu filtru de reacţie negativ, selectiv. Pentru a asigura precizia măsurătorilor se foloseşte un termostat care asigură temperaturi de lucru sub 50°C.

S-a construit şi realizat practic şi un aparat de determinare a conţinutului de CO prin măsurarea transparenţei gazelor pe principiul atenuării radiaţiei luminoase (brevet nr. 30680), cu posibilitatea de a menţine în tot timpul determinării temperatura constantă a gazelor, de aducere la zero în mod automat şi de utilizare a unor perdele fluide pentru protejarea lentilelor optice (S. Bobancu, C. Samoilă).

Deşi colectivul de cercetare a optat pentru cea mai simplă variantă constructivă a gazogenului, din cauza posibilităţilor limitate de execuţie practică totuşi, în perspectiva utilizării industriale, s-au conceput şi proiectat global şi cîteva scheme de automatizare a gazogenului (Fl. Crizbăşan).

Închiderea zonei de gazeificare s-a făcut cu placă şi cu şurub sau prin sistemul cu conuri (fig. 7) (V. Ene). Pentru acţionarea racleţilor de extragere a zgurii din tăvile de recoltare, atît din zona de gazeificare, cît şi din zona de ardere s-au proiectat două sisteme de acţionare: unul cu coroană dinţată şi melc (V. Ene) şi altul cu roată stelată şi coroană cu ştifturi (V. Vulcu), ultima soluţie fiind reali-

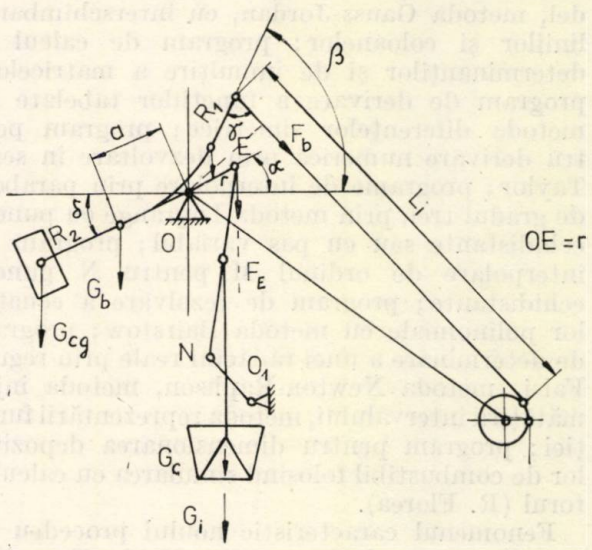


Fig. 7. Schema de calcul a închizătorului cu conuri. (Calculation diagram for the cone gate).

zată efectiv la instalaţie. Pentru prevenirea agăţării coloanei de combustibil s-a proiectat şi construit un electromagnet alimentat în c.a.

220 V, cu amplitudinea loviturilor de dezbatere de 0,1—4 cm, avînd forţa maximă F = 50 daN (I. Mărgineanu).

3. Proiectarea asistată de calculator a instalaţiilor

Interpretarea grafică a rezultatelor experimentale a fost concepută astfel încît utilizîndu-se programe pentru PLOTTER-ul calculatorului Wang 2200, să se poată realiza trasarea automată a dependenţelor funcţionale (I. Mărgineanu).

Datele experimentale au fost de asemenea prelucrate cu programe de calculator. Conform STAS 2631—72 a fost elaborat un program de prelucrare statistică a datelor. La trasarea curbelor s-au utilizat programe de regresie liniară şi parabolică. Pentru acordarea de asistenţă tehnico-ştiinţifică proiectantului principal al instalaţiei de gazeificare industrială, s-a elaborat un portofoliu de programare de calculator, care să uşureze atît proiectarea, cît şi construcţia propriu-zisă. Enumerăm din acest portofoliu : program de programare liniară cu utilizarea discurilor, program de numere aleatoare distribuite normal; program „simplex" pentru soluţii finale; program „gomory" pentru soluţii finale; program de integrare a ecuaţiilor diferenţiale prin metodele Euler-Romberg, Euler-Heun, Euler-modificată; program de derivare numerică cu metoda aproximării funcţiei de polinoame de gradul doi; programe de integrare numerică prin metodele Gauss, metoda trapezelor cu bisecţionarea intervalului, cu regula lui Simpson, cu regula lui Romberg cu precizie impusă; program de rezolvare a sistemelor de ecuaţii liniare prin metoda Gauss-Seidel, metoda Gauss-Jordan, cu interschimbarea liniilor şi coloanelor; program de calcul al determinanţilor şi de înmulţire a matricelor; program de derivare a funcţiilor tabelate cu metoda diferenţelor simetrice; program pentru derivare numerică prin dezvoltare în serie Taylor; programe de interpolare prin parabole de gradul trei, prin metoda Lagrange cu puncte echidistante sau cu pas variabil; program de interpolare de ordinul M pentru N puncte echidistante; program de rezolvare a ecuaţiilor polinomiale cu metoda Bairstow; program de determinare a unei rădăcini reale prin regula Falsi, metoda Newton-Raphson, metoda înjumătăţirii intervalului, metoda reprezentării funcţiei; program pentru dimensionarea depozitelor de combustibil folosind simularea cu calculatorul (R. Florea).

Fenomenul caracteristic noului procedeu de gazeificare este desfăşurarea individuală a arderii în strat şi dependenţa puternică a gazeificării de transferul termic de la zona de ardere în zona de gazeificare. Înseamnă că procesul de gazeificare este dependent de căldura transferată între cele două zone. Analiza matematică a transferului termic între zona de gazeificare şi cea de ardere înseamnă abordarea unei probleme la frontieră (I. Benkö). Se remarcă faptul că, în etapa analizării condiţiilor de gazeificare, nu este necesară soluţia propriu-zisă a ecuaţiei (repartizarea în timp şi în spaţiu), ci este suficientă găsirea, prin estimare directă, a cantităţii de căldură necesară asigurării desfăşurării fără întrerupere a gazeificării. S-a înlocuit astfel o problemă de ecuaţii, cu o problemă de optimizare a unei funcţionale, cu avantajul transferării din domeniul ecuaţiilor diferenţiale în domeniul optimizărilor, uşor de abordat cu metode numerice.

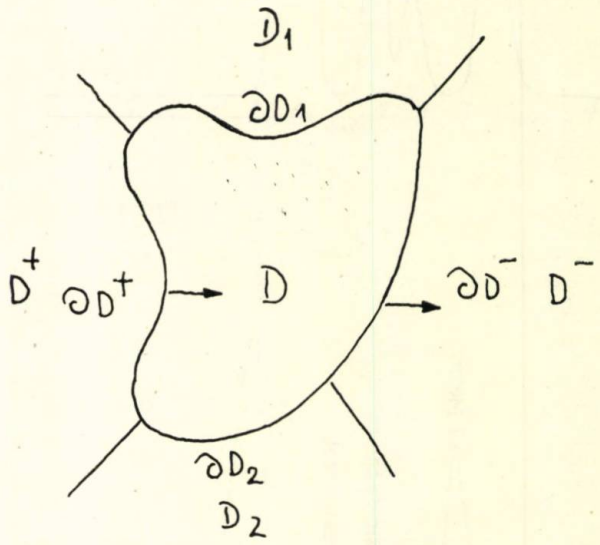


Fig. 8. Secţiune bidimensională prin frontierea zonelor de ardere şi gazeificare. (Bi-dimensional section of the burning and gasification areas boundary).

Pe scurt s-a procedat astfel : s-a considerat frontiera dintre cele două zone de gazeificare şi ardere formată din patru suprafeţe ∂D_1, ∂D_2, ∂D^+ şi ∂D^- (fig. 8). Cu ipotezele :

— domeniul D este izolat termic pe ∂D_1 şi ∂D_2;

— în domeniul D^+, temperatura t^+ este constantă; în domeniul D^- — temperatura t^- este constantă;

— $t^+ > t^-$, problema constă în determinarea cantităţii de căldură Q în unitatea de timp. Pornind de la expresia cantităţii de căldură :

$$Q = \frac{k}{t^+ - t^-} \int_D (\Delta U)^2 \, du,$$

unde: u este soluţia problemei la frontieră;

$$\begin{cases} \Delta U = 0 \\ U|\partial D^+ = t^+; \; U|\partial D^- = t^- \\ \dfrac{\partial u}{\partial n}\Big| \partial D_1 \cup \partial D_2 = 0 \end{cases}$$

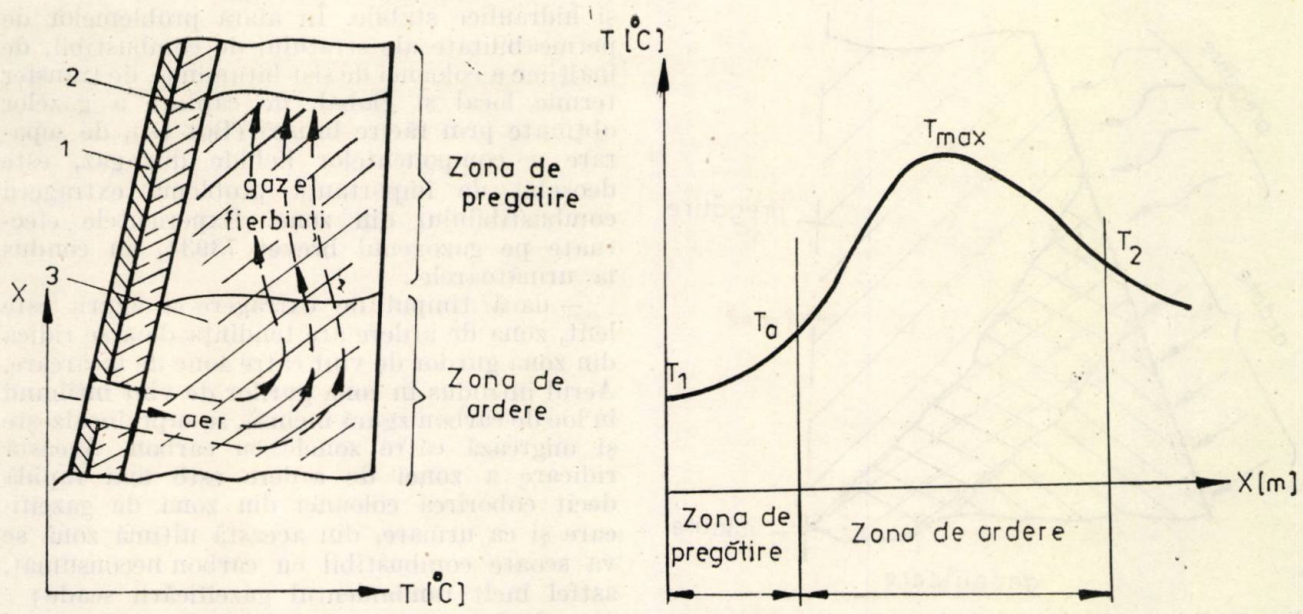


Fig. 9. Zonele gazogenului în sectorul de ardere. (Gas producer areas on the burning side).

Folosind transformarea integrală Gauss, precum și inegalitatea lui Schwartz, se ajunge la estimarea:

$$Q = \inf\left\{\frac{1}{f^+ - f^-}\int_D (\Delta f)^2\, dx\right\}$$

unde f descrie spațiul:

$$D = \{f : \bar{D} \to \mathbb{R} \mid f \mid D \in \zeta^2(D), f \mid \partial D^+ =$$

$$f^+ = \text{const.}\} f \mid \partial D_1 \cup \partial D_2 \in \zeta'$$

Aplicarea practică a estimării cantității de căldură prezentată mai sus, permisă și confirmată de experimentările cu gazogenul, brevet nr. 73934, a arătat că, deși mecanismele gazeificării au rămas aceleași, zona de gazeificare prezintă o serie de subzone (fig. 9), diferite de ceea ce se cunoaștea la procedeul clasic:

— o subzonă de gazeificare, în care are loc fixarea carbonului de către oxigenul din aerul insuflat cu un exces subunitar; această subzonă are suprafața maximă de desfășurare în imediata apropiere a frontierei ∂D^+ și pe măsură ce ne îndepărtăm de frontieră, suprafața scade ca urmare a scăderii cantității de căldură transferate $Q = \varphi(x)$;

— o subzonă de distilare uscată, unde are loc degajarea produselor volatile din șistul bituminos; această subzonă nu necesită temperaturi înalte și de aceea se situează o parte în subzona de pregătire a zonei de ardere și anume în porțiunea cu temperaturi cuprinse între 700—500°C și o parte în dreptul zonei de ardere, dar către axa instalației, acolo unde, din cauza transmiterii căldurii prin stratul de brichete, nu se atinge temperatura de gazeificare și unde nu mai există concentrație de oxigen din cauza consumării sale în subzona de gazeificare;

— o subzonă de pregătire unde are loc de fapt uscarea șistului bituminos și degajarea produselor extrem de volatile din șist, cele corespunzătoare temperaturii de ~200°C.

În afara sistematizării în subzone, modelul matematic de estimare a cantității de căldură Q a mai scos în evidență faptul că gazogenul experimental are limite dimensionale pe orizontală. Creșterea dimensională a spațiului de gazeificare are ca prim efect înrăutățirea condițiilor de transfer termic de la zona de ardere, astfel încît în axa gazogenului nu mai ajunge căldura necesară compensării reacțiilor endoterme. Ca urmare, subzona de gazeificare se retrage către suprafața de contact (∂D^+) cu zona de ardere, apărînd în axa instalației o cantitate de șist bituminos care a cedat în gazul produs numai partea de elemente volatile (fig. 10). Ca urmare în cenușă crește cantitatea de carbon nelegat, reducîndu-se proporțional randamentul procesului.

Experimentările privind hidrodinamica stratului au arătat că, prin creșterea dimensională a spațiului de gazeificare, apar și necazuri privind repartizarea greoaie a aerului (sau aburului) în masa de șist bituminos. Aceste fluide nu ajung în contact cu tot combustibilul adus, de căldura din zona de ardere, la temperatura de gazeificare, deși consumă căldură (fig. 11). Concluziile rezultate din modelul matematic de transfer termic și de experimentările de hidrodinamica stratului, au condus la o nouă propunere de brevet, în care zonele de ardere și cele de gazeificare au dimensiunile geometrice optimizate, permițîndu-se, datorită

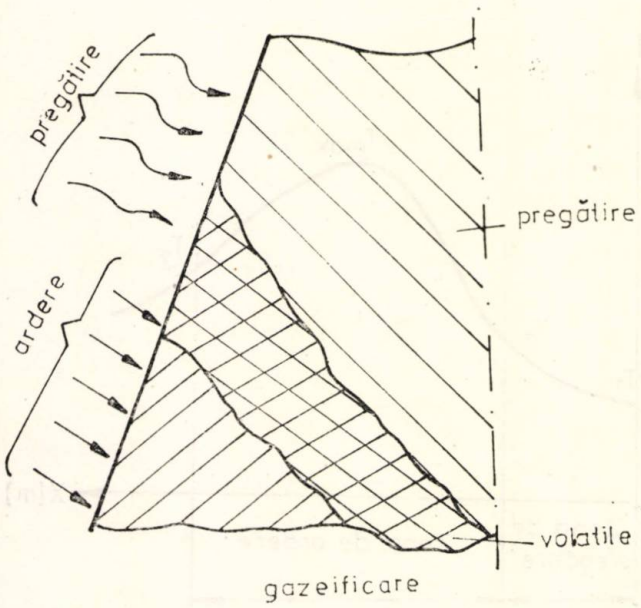


Fig. 10. Subzonele în sectorul de gazeificare. (Area divisions in the gasification side).

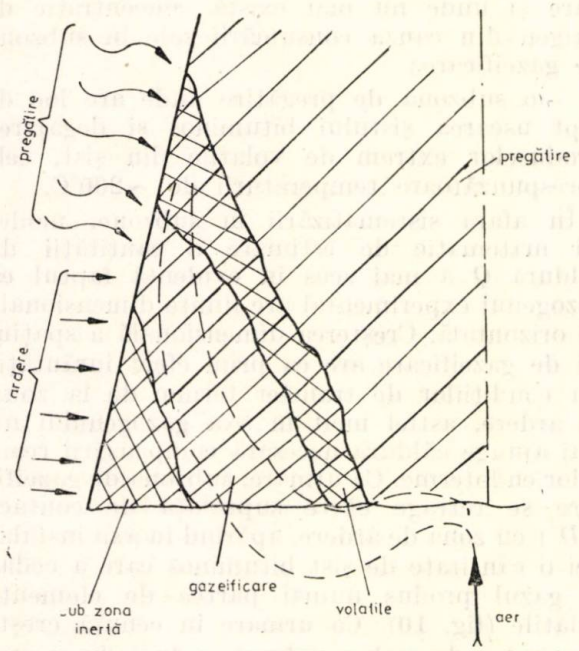


Fig. 11. Deplasarea subzonelor din cauza măririi dimensiunilor sectorului de gazeificare. Distribuția greoaie a aerului. (Area division displacement due to the extension of the gasification side. Heavy air distribution).

acestui fapt, extrapolări privind debitul de gaz livrat, la creșterea dimensională modulară a instalației.

4. Conducerea procesului de gazeificare

Considerentele termodinamice și hidrodinamice din zonele de ardere și de gazeificare trebuie corelate și cu măsuri tehnologice, astfel încît instalația să răspundă constructiv tuturor cerințelor de realizare a unor regimuri termice și hidraulice stabile. În afara problemelor de permeabilitate ale stratului de combustibil, de înălțime a coloanei de șist bituminos, de transfer termic local și global, de captare a gazelor obținute prin răcire bruscă (Bot D.), de separare a componentelor lichide din gaz, este deosebit de importantă problema extragerii combustibilului din zone. Experiențele efectuate pe gazogenul brevet 73934, au condus la următoarele:

— dacă timpul de extragere a zgurii este lent, zona de ardere are tendința de a se ridica din zona gurilor de vînt către zone de încărcare. Aerul introdus în zona gurilor de vînt întîlnind în loc de carbon zgură încinsă, se supraîncălzește și migrează către zonele cu carbon. Această ridicare a zonei de ardere este mai rapidă decît coborîrea coloanei din zona de gazeificare și ca urmare, din această ultimă zonă se va scoate combustibil cu carbon neconsumat, astfel încît randamentul gazeificării scade;

— dacă extragerea zgurii este rapidă, atunci zona de gazeificare are asigurat debitul de căldură util acoperirii necesarului de energie termică a reacțiilor endoterme, dar în zona de ardere apare carbon nears, deci scade randamentul arderii.

Concluziile de mai sus, rezultate în decursul multor experiențe cu diferite regimuri de funcționare, au relevat pe lîngă importanța vitezei de extragere a zgurei și importanța timpului de pregătire a șistului. Gazele arse, sărace în oxigen, încălzesc combustibilul proaspăt, care suferă o modificare complicată a structurii sale interne, denumită distilare uscată. Nu s-a reușit o delimitare pe înălțime a desfășurării fenomenului, care este funcție de temperatură (0—180°C, uscare, 180—350°C bertinizare, 350—550°C semicocsificare), dar s-a remarcat că în urma lui se obțin gaze combustibile (CO, CH_4) și combustibilul se transformă în semicocs.

Problemele pregătirii combustibilului și ale extragerii zgurei sînt în ultimă instanță probleme ale determinării timpului total de ardere: $\tau_t = \tau_p + \tau_v + \tau_r$, unde: τ_p este timpul de pregătire, τ_v — timpul de ardere a volatilelor, τ_r — timpul de ardere a reziduului cărbunos rezultat al procesului de semicocsificare. Cum τ_v este extrem de scurt, s-au calculat τ_p și τ_r. Utilizîndu-se relațiile lui A. M. Field, diagramele și relațiile Institutului de Energetică al Academiei R.S.R. stabilite de dr. ing. I. Carabogdan și dr. ing. N. Pănoiu, s-a ajuns la concluzia că timpul de extragere a zgurei este determinat în mod hotărîtor de timpul de ardere (V. Vulcu, C. Samoilă).

5. Experimentări de gazeificare

Experimentări de gazeificare s-au efectuat pe toate cele trei variante de gazogene. În varianta inițială, gazul obținut nu conținea

suficiente elemente combustibile pentru ca să fie inflamabil. Varianta a doua (modificată) și a treia (semiindustrială) au produs gaze a căror compoziție chimică și putere calorifică, varia în funcție de timpul trecut de la introducerea șarjei noi în zona de gazeificare. Întrucît gazogenele încercate nu dispuneau de o etanșare suficientă și datorită conținutului mare de gudroane în gazele produse, care făceau imposibilă măsurarea corectă a debitului pe durate mai lungi, pentru lămurirea fenomenelor petrecute cu ocazia gazeificării s-au efectuat gazeificări și în condiții de laborator (V. Vulcu, V. Hoffmann, C. Samoilă), folosind în acest scop cantități mici de combustibil. Aceste experiențe s-au efectuat menținînd șarja la diferite temperaturi și introducînd peste masa incandescentă de combustibil solid aer, respectiv abur, pentru producerea gazului aerian și a gazului de apă.

Pentru exemplificare sînt prezentate rezultatele obținute cu ocazia gazeificării brichetelor formate din 50% șist bituminos și 50% turtă, press-filtru (tab. 9). Puterea calorifică inferioară determinată cu calorimetrul Junkers a fost Hi = 1636 kcal/kg. S-a urmărit gazeificarea totală a unei șarje de G = 14,15 kg, urmărindu-se degajarea completă a părților volatile (distilare și gazeificare completă a masei cocsificabile cu abur). Durata etapei de distilare a fost de 200 minute, iar durata întregului proces de zece ore. În tabelul 10 este redată dinamica degajării gazelor, a căldurii conținute, precum și variația în timp a puterii calorifice inferioare a gazelor.

După cum rezultă din tabel, volumul total de gaz obținut este de 9,59 m^3N, puterea calorifică inferioară variind în intervalul Hi = = 6750—1600 kcal/m^3N, valorile mai ridicate corespunzînd etapei de distilare și se datorează prezenței hidrocarburilor în gazele obținute. În figura 12 este redată variația puterii calorifice inferioare, a volumului gazelor obținute, precum și debitul orar corespunzător. În tabelul 11 și figura 13 sînt prezentate, în funcție de durata menținerii șarjei în gazogen, volumul gazelor produse, debitul specific de gaz, debitul mediu pe șarjă, precum și puterea calorifică medie a gazelor. Valorile au fost raportate la kilogramul de combustibil solid gazeificat. Date similare privind gazeificarea lignitilor de Rovinari au fost publicate în revista Energetica, 29, nr. 5/1981.

În timpul funcționării gazogenului s-au efectuat determinări ale compoziției chimice a gazelor prin cromatografiere (S. Munteanu, H. Bednar) și a puterii calorifice a gazelor cu calorimetrul Junkers. În figura 6 este reprezentată o cromatogramă corespunzătoare compoziției H_2 = 53,5%, CO = 9,41%, CH_4 = = 16,5%, C_2H_6 = 1%, CO_2 = 17%, N_2 = 2,6%.

Tabelul 9

Analiza elemntară a brichetelor 50% șist bituminos, 50% turtă-pressfiltru

C	H	O	N	S	Masa cocsificabilă, m_c	Masa volatilă, m_v	Masa minerală, m_m	Umiditatea, u
0,165	0,016	0,065	0,002	0,007	0,096	0,158	0,690	0,056

Tabelul 10

Dinamica gazeificării de laborator

Nr. crt.	τ [h]	V_3 [mN]	Q [joule]	H_i [joule/m^3N]
1	0,41	0,244	7032,48 ·10³	28255,5 ·10³
2	1,00	0,360	10151,05 ·10³	26890,86 ·10³
3	1,25	0,921	20364,89 ·10³	18129,56 ·10³
4	1,66	1,255	25241,58 ·10³	14651,00 ·10³
5	2,00	1,419	27217,37 ·10³	12131,02 ·10³
6	2,25	1,567	28824,79 ·10³	10845,92 ·10³
7	2,66	1,780	30988,95 ·10³	10146,86 ·10³
8	3,33	2,020	33123,81 ·10³	8899,43 ·10³
9	4,16	2,742	39235,37 ·10³	8459,90 ·10³
10	4,41	3,152	42027,44 ·10³	8434,79 ·10³
11	4,58	3,622	45158,56 ·10³	6643,18 ·10³
12	5,00	4,087	48277,13 ·10³	6722,71 ·10³
13	5,16	4,578	51265,94 ·10³	6111,56 ·10³
14	5,50	5,072	55305,43 ·10³	8200,37 ·10³
15	6,16	5,532	58340,28 ·10³	6609,69 ·10³
16	6,50	6,158	62777,44 ·10³	7107,82 ·10³
17	7,50	7,434	71819,20 ·10³	7091,08 ·10³
18	7,58	7,930	82321,87 ·10³	4286,46 ·10³
19	7,75	8,233	76093,10 ·10³	7091,08 ·10³
20	9,00	8,530	78144,24 ·10³	6932,01 ·10³
21	9,16	9,228	83008,38 ·10³	7024,10 ·10³
22	9,17	9,590	85386,02 ·10³	6567,83 ·10³

Tabelul 11

Dinamica gazeificării în gazogen

Durata şarjei (H)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
V [m³N/kg]	0,035	0,106	0,141	0,191	0,289	0,382	0,482	0,550	0,623	0,677
Q [kJ/kg]	946,03	1988,3	2226,9	2670,6	3495,3	4081,3	4801,3	5211,57	5567,3	6027,8
D [m³N/kg·h]	0,035	0,071	0,035	0,050	0,098	0,093	0,100	0,068	0,073	0,054
D_m [m³N/kg·h]	0,035	0,053	0,048	0,048	0,058	0,064	0,069	0,069	0,069	0,067
H_{im} [kJ/m³N]	26999,7	18711,4	15781,2	13981,2	12348,7	10716,16	9962,6	9376,6	8916,1	8849,2
η [%]	9,6	23,9	36,6	32	42,2	49,1	57,5	62,5	67	72

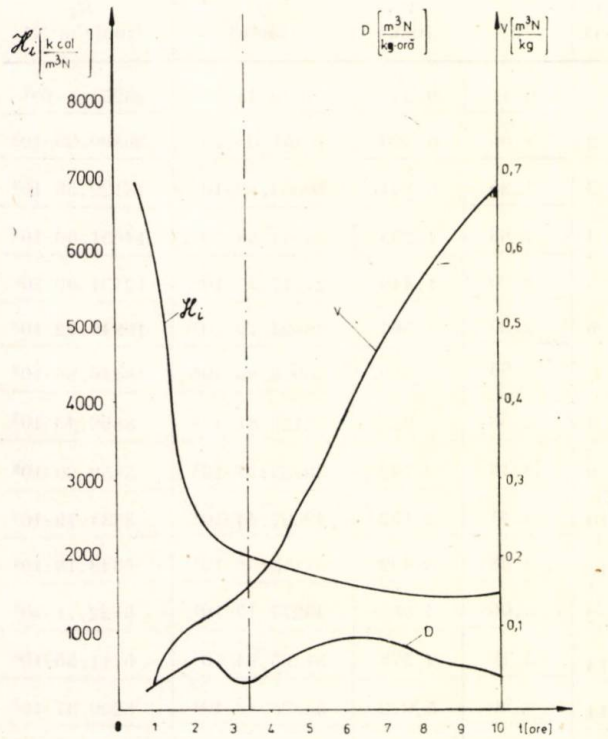


Fig. 12. Variaţia în timp a puterii calorifice, a volumului de gaze obţinut şi a debitului. (Time variation of the heating value of the obtained gases volume and of the flow).

6. Bilanţul termic al gazogenului

O etapă importantă a cercetării a fost întocmirea bilanţului termic cantitativ al gazogenului semiindustrial, pentru a se putea verifica modul în care decurg procesele termice în instalaţia brevetată, despre care nu mai existau date similare.

Datele de intrare au fost : analiza elementară a brichetelor de şist bituminos şi turtă-press-filtru (H. Bednar, V. Bednar, E. Voinea), compoziţia chimică a gazelor obţinute (S. Munteanu, H. Bednar), rezultatele experienţelor de gazeificare efectuate în condiţii de laborator.

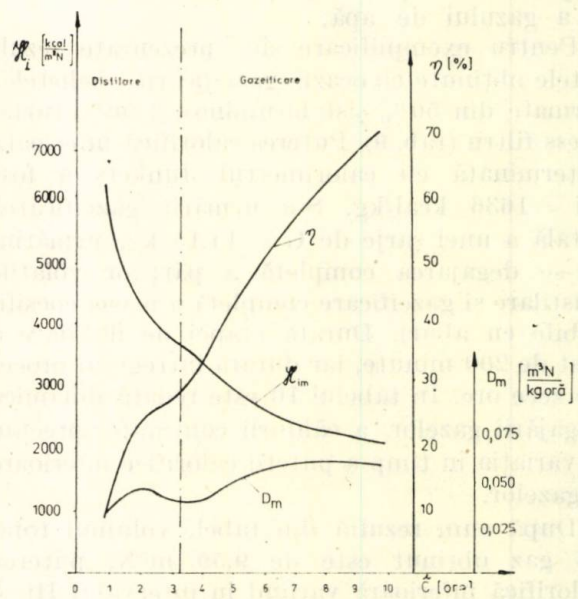


Fig. 13. Variaţia randamentului procesului de gazeificare. (Gasification process efficiency variation).

Cantitatea şi conţinutul gudroanelor s-au luat din literatura de specialitate. Valorile utilizate în calculul bilanţului termic reprezintă cazul cel mai des întîlnit în decursul experimentărilor, adică compoziţia chimică a gazelor şi analiza elementară, care, privite din punct de vedere statistic, au repartiţia normală şi sînt apropiate de medie (tab. 12, 13, 14). Bilanţul de materiale pentru zona de gazeificare se dă în tabelul 15.

Tabelul 12

Analiza elementară medie pentru bilanţul energetic în cazul şisturilor bituminoase

C^i	H^i	O^i	N^i	S^i	W^i	A^i
16,5	1,6	6,5	0,2	0,2	5,5	69

Tabelul 13

Compoziția chimică a gazelor de șist bituminos

Gazul / Felul	CO_2	O_2	CO	CH_4	C_2H_4	H_2	N_2	H_2O
Gaz uscat	16,44	0,41	30,14	4,94	—	47,94	0,13	—
Gaz umed	12	0,30	22,0	3,6	—	35	0,10	27

Înainte de a se calcula randamentul instalației s-a procedat la verificarea procesului de gazeificare. După metoda lui D. B. Ghinzberg se calculează cantitatea maximă posibilă de gaz și compoziția chimică optimă a acestuia, pentru ca prin comparație cu gazul obținut în mod real, să se constate dacă procesul a fost bine condus din punct de vedere termochimic. Compoziția chimică a gazului posibil de obținut în condiții optime, pusă alături de cea obținută în mod efectiv cu gazogenul semiindustrial se prezintă în tabelul 17. Din totalul de gaze rezultate din zonele de gazeificare și de pregătire de 124,43 m³N — scoase din 100 kg de șist bituminos brichetat cu turte-pressfiltru, se obține o producție specifică de gaz de 1,24m³N gaz umed la 1 kg de brichete, cantitate care reprezintă un optim. Utilizîndu-se datele măsurate cu ocazia experimentărilor efectuate, producția specifică este de 1,02 m³N de gaz umed la 1 kg de brichete. Cifra obținută experimental arată că între procesul real și procesul teoretic calculat există o diferență de 17% datorată faptului că, din cauza sterilului abundent, este extrem de greu să se fixeze tot carbonul din combustibil.

Puterea calorifică a combustibilului gazos teoretic este $Hi = 1994{,}34$ kcal/m³N, iar cea a gazului efectiv obținut, măsurată cu un calorimetru Junkers este 1871,70 kcal/m³N, diferența de 122,64 kcal/m³N datorîndu-se tocmai carbonului nefixat în timpul procesului real.

Randamentul instalației este $\eta = 100\ Qu/Qe = 100 \cdot 2093{,}24/2739{,}89 = 76{,}37\%$.

Pe aceeași instalație de gazeificare, la solicitarea ICEMENERG București, s-au efectuat experimentări și calcule privind posibilitatea gazeificării lignitilor de Rovinari. Acest test experimental a ilustrat marea adaptabilitate a instalației de gazeificare la diverși combustibili inferiori, rezultatele obținute atestînd valabilitatea noului principiu de gazeificare propus. Rezultatele obținute sînt prezentate în tabelele 18—22.

În cazul optim, producția specifică de gaz este 1,25 m³N gaz umed pentru un kg lignit, iar datele efective măsurate au fost de 1,3 m³N de gaz la 1 kg lignit. Experimentările de laborator au indicat o producție specifică de 1,28 m³N

Tabelul 14

Date de intrare ale bilanțului

Mărimea		Valoarea
Puterea calorifică inferioară a probei inițiale		$H_{iB} = 6848{,}3$ kJ/kg
Consumul de brichete pe ciclu	zona de ardere	14,28 kg/ciclu
	zona de gazeificare	14,28 kg/ciclu
Consumul de abur pe ciclu		$D_{ab} = 6{,}75$ kg/ciclu
Producția de gaz de gazogen	gaz uscat	$P' = 9{,}692$ m³N/ciclu
	gaz umed	$P = 13{,}27$ m³N/ciclu
Puterea calorifică inferioară a gazului	gaz umed	$H_{ig}^{um} = 7834{,}93$ kJ/m³N
	gaz uscat	$H_i^{us} = 10731{,}39$ kJ/m³N
Temperatura gazului produs		$t_i = t_g = 250°C$
Temperatura aerului la intrarea în ventilator		$t_1 = 20°C$
Presiunea aburului saturat din generatorul de abur		490,5 *Pa*
Temperatura combustibilului la intrarea în gazogen		$t_{oc} = 10°C$
Cantitatea de gudroane rezultată pe ciclu		$G_{gd} = 0{,}211$ kg/ciclu
Puterea calorifică inferioară a gudroanelor		$H_i^{gd} = 35308{,}9$ kJ/kg
Temperatura gudroanelor la ieșirea din gazogen		$t_{gd} = 250°C$
Compoziția elementară a gudroanelor în procente gravimetrice		$C = 80$; $H = 8$; $O = 9{,}5$; $S = 2{,}4$
Cantitatea de reziduuri evacuate pe ciclu		$G_{rz} = 10{,}06$ kg/ciclu
Compoziția reziduurilor evacuate		$G_{rz} = 10\%$ cenușă $= 90\%$
Temperatura reziduurilor evacuate		$t_{rz} = 350°C$
Cantitatea de praf de cărbune antrenat în gazul produs		$G_p = 0$ kg/ciclu
Diametrul interior al gazogenului		$d = 300$ mm
Înălțimea stratului de combustibil		$h = 1{,}8$ m
Temperatura gazului la intrarea în zona de pregătire		$t_{og} = 880°C$
$\gamma_{gaz} = 0{,}089 \cdot H_2 + 1{,}25 \cdot CO + 1{,}97 \cdot CO_2 + 0{,}71 \cdot CH_4 + 0{,}59 \cdot H_2O + 1{,}43 \cdot O_2$		$\gamma_{gaz} = 0{,}781$ kg/m³N

Tabelul 15

Bilanțul de materiale (șist)

Materiale intrate		Materiale ieșite	
Denumirea	kg/ciclu	Denumirea	kg/ciclu
Șist bituminos brichetat	14,28	Gaz (13,27 × 0,781)	10,364
Aer	—	Gudroane	0,211
Abur	6,75	Reziduuri	10,060
Apă de răcire	—	Pierderi și neconcordanțe	0,395
Total	21,03	Total	21,03

gaz umed la 1 kg lignit. Neconcordanțele ce apar se datoresc cantității foarte mari de hidrogen din gazele efectiv obținute (57,4% față de 32,62% din calculul optim), ca urmare a contribuției apei de etanșare inferioară a zonei de gazeificare, în care se răcește cenușa fierbinte obținută, contribuind prin aceasta la sporul de H_2. Această apă evaporată nu este cuprinsă în bilanțul prezentat. La șisturile bituminoase ea nu influența calculele din cauza temperaturii mult mai joase a acestora în zona de gazeificare, la evacuare, unde, cantitatea foarte mare de cenușă (69% față de numai

Tabelul 16

Bilanțul energetic (șist)

Căldura intrată [kJ/m³N]	Căldura ieșită [kJ/m³N]
Căldura chimică a șistului $Q_{CB} = 7369,49$	Căldura chimică a gazului umed produs $Q_{cgaz} = 7834,93$
	Căldura sensibilă a gazului produs $Q_{gaz} = 359,99$
Căldura sensibilă a șistului $Q_B = 14,39$	Căldura chimică a gudroanelor $Q_{cgd} = 559,08$
	Căldura sensibilă a gudroanelor $Q_{gd} = 8,28$
Căldura sensibilă a aerului $Q_L = 0$	Căldura chimică a reziduurilor $Q_{crz} = 2486,73$
Căldura aburului din generator $Q_{ab} = 1358,48$	Căldura sensibilă a reziduurilor $Q_{rz} = 180,24$
	Căldura chimică a prafului antrenat $Q_{cpr} = 0$
Căldura sensibilă a apei de răcire $Q_{ar} = 0$	Căldura sensibilă a prafului antrenat $Q_{pr} = 0$
Căldura primită din zona de ardere $Q_{Pard} = 2726,76$	Căldura pierdută prin neetanșeități și prin pereții gazogenului $Q_{rest} = 39,89$
Total $Q_i = 11469,17$	Total $Q_e = 11469,17$

Tabelul 17

Calculul optim cu metoda Ghinzberg (șist)

Componenta gazoasă	Cantitatea rezultată				Compoziția volumetrică procentuală		Compoziția volumetrică a gazului efectiv realizat	
	În zona de gazeificare		În zona de pregătire [m³N]	Total [m³N]	gaz umed [%]	gaz uscat [%]	gaz umed [%]	gaz uscat [%]
	[kmol]	[m³N]						
CO_2	0,151	3,384	0,933	4,317	3,47	5,07	12	16,44
CO	0,737	16,520	1,795	18,315	14,72	21,50	22	30,14
H_2	2,6937	60,38	0,111	60,491	48,61	71,10	35	47,94
CH_4	—	—	1,683	1,683	1,35	1,97	3,6	4,94
C_2H_4	—	—	0,137	0,137	0,11	0,16	—	—
H_2S	0,0028	0,062	0,06	0,122	0,098	0,140	—	—
N_2	0,000303	0,0068	0,086	0,093	0,075	0,100	0,1	0,13
O_2	—	—	—	—	—	—	0,3	0,41
Total gaze uscate		80,3528	4,805	85,158	68,44	100%	—	100%
H_2O	1,467	33,884	6,389	39,273	31,56	—	27	—
Total gaze umede		113,2368	11,194	124,43	100%	—	100%	—

Tabelul 18

Compoziția chimică a gazelor de lignit

Gazul / Felul	CO_2	O_2	CO	CH_4	H_2	N_2	H_2O	CmHn
Gaz uscat	0,127	0,005	0,279	0,015	0,574	Neglijabil	—	—
Gaz umed	0,091	0,0033	0,202	0,0107	0,410	Neglijabil	0,283	—

Tabelul 19

Date de intrare ale bilanțului

Mărimea		Valoarea
Puterea calorifică a lignitului înainte de gazeificare		7534,8 kJ/kg = H_{iB}
Consumul de lignit pe ciclu		B_i = 40 kg/ciclu
Consumul de abur din generatorul de abur pe ciclu		D_{ab} = 7,53 kg/ciclu
Producția de gaz de gazogen	gaz uscat	P' = 25,6 m³N/ciclu
	gaz umed	P = 36,6 m³N/ciclu
Puterea calorifică inferioară a gazului umed produs		H_{ig} = 7032,48 kJ/m³N
Temperatura gazului la ieșirea din zona de pregătire și din gazogen		$t_{ig} = t_g$ = 250°C
Temperatura aerului la intrarea în ventilator		t_1 = 20°C
Presiunea aburului din generatorul de abur		P_{ab} = 9,85·10⁴Pa
Temperatura combustibilului la intrarea în gazogen		t_{oc} = 20°C
Cantitatea de gudroane rezultate pe ciclu		G_{gd} = 0,2 kg/ciclu
Puterea calorifică inferioară a gudroanelor		H_{igd} = 35162,4 kJ/kg
Temperatura gudroanelor la ieșirea din gazogen		t_{gd} = 250°C
Cantitatea de reziduuri evacuate pe ciclu		G_{rz} = 5 kg/ciclu
Compoziția elementară a gudroanelor în % gravimetrice		C = 79,5; H_2 = 8,5 O_2 = 9,1; S = 2,81
Compoziția reziduurilor evacuate		C_{rz} = 10 %. Cenușă = 90 %
Temperatura reziduurilor evacuate		t_{rz} = 350°C
Cantitatea de praf de cărbune antrenat pe ciclu de gazul produs		G_p = 0 kg/ciclu
Diametrul mediu interior al gazogenului		d = 300 mm = 0,3 m
Înălțimea stratului de combustibil		h = 1,8 m
Temperatura gazului la intrarea în zona de pregătire		t_{og} = 880°C
Greutatea specifică a gazului obținut	gaz uscat	ρ_{usc} = 0,65 kg/m³
	gaz umed	ρ_{umed} = 0,61 kg/m³

Tabelul 20

Bilanțul de materiale (lignit)

Materiale intrate		Materiale ieșite	
Denumirea	kg/ciclu	Denumirea	kg/ciclu
Lignit Bi/2	20	Gaz ($P \times 0,61$)	22,32
Aer	0	Gudroane	0,20
Abur	7,53	Reziduuri	5
Apă de răcire	0	Praf cărbune	0
—	—	Pierderi și neconcordanțe	0,01
TOTAL	27,53	TOTAL	27,53

Tabelul 21

Bilanțul energetic (lignit)

Căldura intrată, Q_i [kJ/m³N]	Căldura ieșită, Q_e [kJ/m³N]
Căldura chimică a lignitului Q_{CB} = 8234,69	Căldura chimică a gazului produs Q_{cgaz} = 7032,48
Căldura sensibilă a lignitului Q_B = 26,45	Căldura sensibilă a gazului produs Q_{gaz} = 359,99
Căldura sensibilă a aerului Q_L = 0	Căldura chimică a gudroanelor Q_{cgd} = 192,13
Căldura aburului din generator Q_{ab} = 549,45	Căldura sensibilă a gudroanelor Q_{gd} = 2,85
Căldura sensibilă a apei de răcire Q_{ar} = 0	Căldura chimică a reziduurilor Q_{crz} = 460,46
Căldura primită din zona de ardere Q_{pard} = 1523,41	Căldura sensibilă a reziduurilor Q_{rz} = 40,01
—	Căldura pierdută prin netanșeități și prin pereții gazogenului Q_{rest} = 2246,41
TOTAL 10334,02	—
	TOTAL 10334,35

25 % la lignit) răcea brusc particulele incandescente participante la proces.

Puterea calorifică inferioară a gazului optim calculat este de Hi = 1758,57 kcal/m³N, iar a gazului efectiv obținut, determinată în calorimetrul Junkers este de Hi = 1680 kcal/m³N. Diferența se explică prin carbonul existent și nefixat în cenușă.

Randamentul energetic a fost η = 73,40 %.

Pentru ligniți s-au efectuat și calcule clasice de reducere și oxidare a carbonului și sulfului, constatîndu-se că, și în acest caz, trebuie efectuată răcirea bruscă a gazelor de evacuare, pentru a preîntîmpina desfășurarea nedorită a combinării oxidului de carbon — reacția Belle — Boudouard (B. Varga).

Tabelul 22

Calculul optim cu metoda Ghinzberg (lignit)

Componenta gazoasă	Cantitatea rezultată				Compoziția volumetrică procentuală		Compoziția volumetrică a gazului efectiv realizat	
	În zona de gazeificare		În zona de pregătire	Total [m^3N]	gaz umed [%]	gaz uscat [%]	gaz umed [%]	gaz uscat [%]
	[kmol]	[m^3N]						
CO_2	0,562	12,597	1,395	13,992	11,21	28,237	9,10	12,70
CO	0,582	13,046	2,059	15,105	12,10	30,486	20,20	27,90
H_2	0,716	16,049	0,117	16,166	12,95	32,627	41,0	57,40
CH_4	—	—	2,293	2,293	1,85	4,627	1,07	1,50
C_2H_4	—	—	0,1869	0,1869	0,15	0,377	—	—
H_2S	0,017	0,381	0,241	0,622	0,49	1,255	—	—
N_2	0,02	0,448	0,737	1,185	0,95	2,391	—	—
O_2	—	—	—	—	—	—	0,33	0,50
Total gaze uscate	—	42,518	7,029	49,547	39,71	100	—	100
H_2O	1,726	38,690	36,534	75,224	60,29	—	28,30	—
Total gaze umede	—	81,208	43,563	124,771	100	—	100	—

7. Utilizarea cenușii de șist bituminos după gazeificare

Deși nu a constituit un punct distinct în tema de program a cercetărilor de gazeificare, problema cenușilor de șist bituminos gazeificat a fost tratată la modul chimic general, efectuîndu-se determinări de laborator. Probele de calcinare la 1000°C a șistului bituminos, au arătat că, la ardere completă, cenușa conține 40,9 % SiO_2; 21,8 % Al_2O_3; 4,3 % Fe_2O_3; 1,1 % CaO; 0,9 % MgO; 0,8 % TiO_2; 30,15 % fiind pierderi la calcinare. Concluzia este că din cenușă se poate separa o cantitate importantă de Al_2O_3 — materie primă pentru industria materialelor refractare.

COLECTIVUL DE CERCETARE: (în ordine alfabetică): Badea Claudia; Horst Bednar; Victoria Bednar; Iosif Benko; Șerban Bobancu; Dumitru Bot; Eugen Chiș; Alexandru Constantinescu; Cecilia Costea; Florin Crizbășan; C-tin. Chirtoacă; Viorel Ene; Dietmar Ehrlich; Romulus Florea; Aurelian Goga; Hans Herbert; Victor Hoffmann; Ioan Mărgineanu; Sorin Munteanu; Lucreția Oprei; Nicolae Popa; Cornel Samoilă; Francisc Sisak; Alex Todicescu; Gavril Turzo; Rodica Țică; Tudor Vasu; Bela Varga; Ecaterina Voina.

(Primit la 29 iulie 1982, acceptat la 23 ianuarie 1983)

Studiul experimental al cîmpului magnetic şi termic pe un model electromagnetic de dinte trapezoidal

Ing. D. Zlatanovici*

Introducere

Studiul s-a efectuat pe un model fizic electromagnetic, preluat de la Institutul Politehnic Bucureşti, Catedra de Electrotehnică [1], la care s-a înlocuit dintele dreptunghiular existent cu un dinte trapezoidal, prevăzut în interior cu traductoare de măsură pentru temperaturi, fluxuri și inducții.

Scopul acestui studiu a fost determinarea încălzirilor din interiorul dintelui frontal statoric, care limitează încărcarea generatoarelor sincrone în regim subexcitat şi verificarea unei metode de calcul a acestor încălziri în funcție de mărimile măsurate pe frontiera dintelui.

Metoda de calcul și programul respectiv — intitulat TEMP — prezentate în lucrările [2] și [3], se utilizează în cadrul cercetărilor privind determinarea limitelor termice de funcționare în regim subexcitat (capacitiv) de durată la generatoarele sincrone aflate în exploatare.

1. Descrierea modelului

Modelul fizic electromagnetic de dinte trapezoidal (fig. 1) se compune din următoarele părți :

— partea activă (D), care reproduce un dinte trapezoidal, împreună cu o porțiune din coroana (jugul) statorică și este formată din trei pachete de tole, separate între ele prin canale radiale de ventilație; cele trei pachete de tole au fost denumite „dinți" și notate cu D_A (dintele frontal), D_B și D_C; dintele frontal este fără trepte retrase și este presat cu un deget de presare din oțel amagnetic;

— circuitul magnetic principal (CMP), care completează partea activă, realizînd un circuit magnetic în formă de dublu E; acest circuit are funcția de producere a fluxului magnetic principal — radial — cu ajutorul celor două bobine de excitație, una pe dinte, corespunzătoare înfășurării statornice și una pe coloana din mijloc, corespunzătoare înfășurării rotorice;

— circuitul magnetic auxiliar (CMA), derivat din circuitul magnetic principal, situat într-un plan perpendicular pe acesta, în formă de E; coloana din mijloc are forma unui sabot profilat, asigurînd între fața ei și fața dintelui D_A un întrefier axial, variabil; acest circuit, prevăzut cu o bobină de excitație pe sabot, produce fluxul magnetic axial, care pătrunde în dintele D_A.

Modelul este consolidat cu un sistem de buloane, tiranți și pene de lemn și textolit pe un cadru metalic.

Pentru fixarea traductoarelor de măsură în partea activă a modelului, s-au utilizat tole la care s-au practicat două tipuri de decupări, avînd formele din figura 2. De o parte și alta

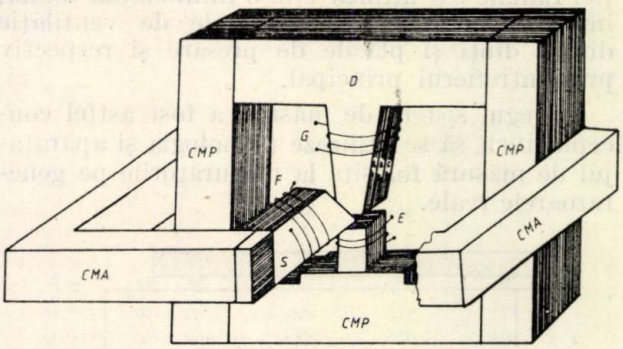


Fig. 1. Model electrodinamic de dinte trapezoidal.

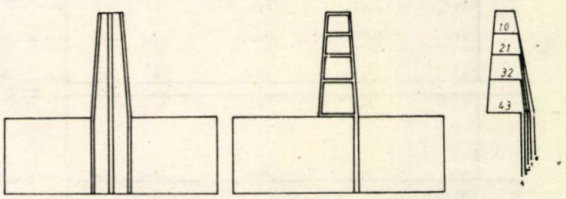


Fig. 2. Tole decupate pentru plăcile de măsură.

a unei tole normale s-a lipit cu lac cîte o tolă cu decupări de fiecare tip. În canalele obținute s-au montat pe o parte termocuple de cupru—constantan, cu sudura de Ø 0,45 mm prin cositorire și pe cealaltă parte spire pentru flux din CuE Ø 0,3, prin lipire cu lac. Peste tolele decupate, cu traductoarele de măsură montate, s-a lipit cu lac cîte o tolă normală. În felul acesta s-a obținut o placă de măsură compusă din cinci tole (trei normale și două cu decupări) avînd o grosime totală de 2,7 — 2,8 mm.

O astfel de placă de măsură conține 19 termocuple și patru spire deschise, care permit măsurarea fluxului total și a fluxurilor parțiale componente.

Plăcile de măsură au fost intercalate între celelalte tole ale părții active. Acest sistem de montare a traductoarelor de măsură asi-

* Ing. D. Zlatanovici este cercetător științific principal la ICEMENERG.

gură o perturbație locală minimă a cîmpului magnetic și termic în comparație cu alte sisteme care utilizează tole false din textolit, intercalate între tole normale [4].

Dintele D_A a fost împachetat cu cinci plăci de măsură echidistante, dintele D_B cu trei și D_C cu două plăci.

Pe toate fețele fiecărui dinte s-au montat spire pentru măsurarea fluxurilor totale care intră sau ies; pe muchiile dinților, laturile spirelor au fost răsucite două cîte două, pentru a se evita pierderi de flux. Această tehnologie a permis verificarea bilanțului de fluxuri cu o eroare de ordinul 10^{-3} mWb.

În total s-au montat 190 termocuple, 40 spire pentru fluxuri interioare și 18 spire pentru fluxuri exterioare. În figura 3 se prezintă poziționarea acestor traductoare de măsură.

Pentru măsurarea inducției axiale și a inducției radiale s-a utilizat cîte o minibobină sondă, introduse prin canalele radiale de ventilație dintre dinți și plăcile de presare și respectiv prin întrefierul principal.

Întregul sistem de măsură a fost astfel conceput încît să se utilizeze tehnologia și aparatajul de măsură folosite la măsurătorile pe generatoarele reale.

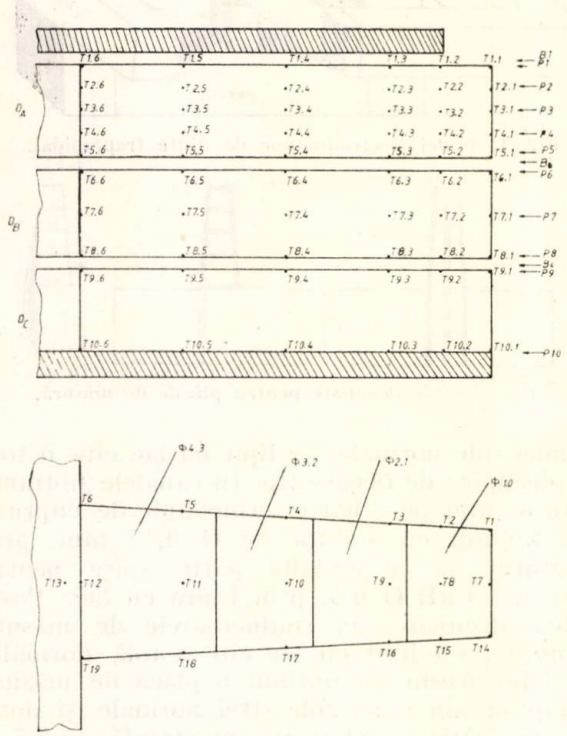


Fig. 3. Poziționarea punctelor de măsură: T — temperatura; B — inducții; ∅ fluxuri; P — plan de măsură.

Caracteristicile tehnice ale modelului:

— tensiune maximă de alimentare	500 V
— curentul maxim al bobinelor de excitație	20 A
— inducția axială maximă în vîrful dintelui D_A	1,36 T
— fluxul axial maxim pe fața frontală a dintelui D_A	2,25 mWb
— inducția radială maximă în vîrful dintelui D_A	0,9 T
— fluxul radial maxim pe fața vîrfului dintelui D_A	0,95 mWb
Caracteristicile dinților:	
— lățimea la vîrf	3,5 cm
— lățimea la bază	5,0 cm
— lungimea	13,6 cm
— grosimea D_A	3,1 cm
— grosimea D_B, D_C	2,8 cm
— factorul de umplere	0,9
— pierderile specifice, 1T, 50 Hz	2,05 W/kg
— greutatea specifică	$7{,}6 \cdot 10^{-3}$ kg/cm^3
— rezistivitatea tolelor	$0{,}53 \cdot 10^{-4}$ Ωcm
— grosimea tolelor	0,5 mm
— grosimea canalelor de ventilație	0,4 cm

2. Rezultatele măsurătorilor

S-au realizat 20 regimuri caracterizate prin valoarea inducției axiale B_a în vîrful dintelui, pe fața frontală, și prin valoarea inducției radiale B_r în întrefierul principal la dintele D_A. Regimurile B_a, B_r s-au obținut prin reglarea tensiunilor de alimentare ale bobinelor de excitație.

În continuare se prezintă rezultatele pentru două regimuri caracteristice: regimul 1, $B_a = 0{,}77$ T, $B_r = 0{,}7$ T, care corespunde în general regimurilor capacitive studiate pe turbogeneratoarele reale cu puteri pînă la 330 MW și regimul 2, $B_a = 1{,}36$ T, $B_r = 0{,}86$ T, care este regimul limită din punctul de vedere al posibilităților modelului și se apropie de cazul generatoarelor cu puteri mai mari de 330 MW.

Curbele din figuri au fost notate cu numărul regimului la care se referă.

2.1. *Cîmpul magnetic*

În figura 4 se prezintă variația inducției axiale și radiale pe fețele dintelui D_A la cele două regimuri. Alura curbelor inducției axiale este asemănătoare cu alura curbelor obținute la măsurătorile pe generatoarele reale; numai în vîrful dintelui, în imediata apropiere a întrefierului, apare o scădere, datorită modului de fixare al sabotului generator al fluxului axial. În ceea ce privește inducția radială nu s-a reușit obținerea unei repartiții mai uniforme; la generatoarele reale o astfel de repartiție apare în cazul dinților frontali cu trepte retrase.

În figura 5 se prezintă variația fluxului axial total în interiorul dinților modelului pe direcție axială. Pe parcursul dintelui D_A fluxul axial scade la 30% din valoarea incidentă, iar pe parcursul dintelui D_B scade la 5—6%. Valoa-

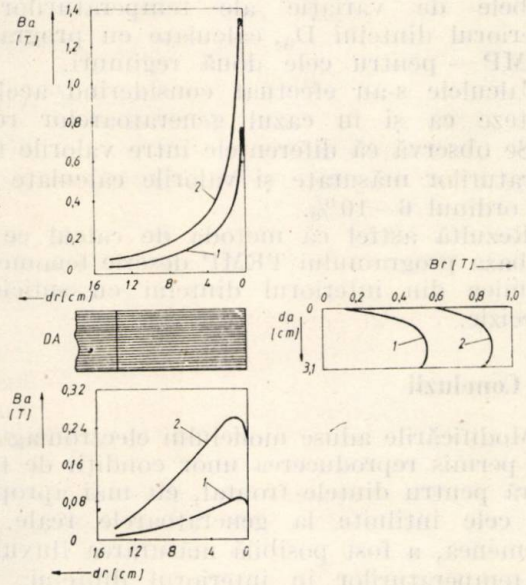


Fig. 4. Variația inducției pe frontiera dintelui D_A.

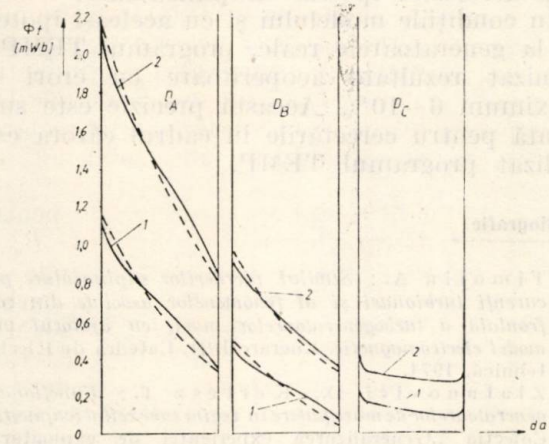


Fig. 5. Variația fluxului în interiorul dinților modelului: ——— măsurat; — — — — calculat.

rea fluxului axial care intră în al doilea dinte (D_B) este cu 20—40% mai mare decît valoarea fluxului care iese din primul dinte (D_A). Aceste constatări sînt similare cu constatările de la generatoarele reale.

De asemenea, se observă că abaterea curbei de variație a fluxului, în interiorul dintelui, față de o exponențială — ipoteză adoptată în programul de calcul TEMP — este cuprinsă între 0 și ±7% (curba cu linie întreruptă din figura 5).

Din analiza bilanțului de fluxuri (tabelul 1) rezultă că fluxurile laterale de dispersie reprezintă 18% din valoarea fluxului total incident. În cazul modelului, datorită formei de triplu E

Tabelul 1

Bilanțul fluxurilor dintelui D_A [mWb]

Regimul	$Ø_r$	$Ø_a$	$Ø_{ld}$	$Ø_{ls}$	$Ø_c$	$Ø_j$	$\Sigma Ø$
Regimul 1	0,818	1,191	0,226	0,225	−0,349	−2,142	−0,001
Regimul 2	0,950	2,251	0,362	0,378	−0,821	−3,130	−0,007

S-a notat: $Ø_a$, $Ø_c$ — fluxul axial care intră și respectiv iese din dinte;
$Ø_r$, $Ø_j$ — fluxul radial care intră prin vîrful și respectiv iese prin baza dintelui;
$Ø_{ld}$, $Ø_{ls}$ — fluxurile laterale de dispersie, dreapta, stînga.

a circuitului magnetic, fluxurile laterale sînt relativ mari. La generatoarele reale acestea au valori mult mai mici.

2.2. *Cîmpul termic*

În figura 6 se prezintă variația temperaturilor pe direcție radială (d_r) și pe direcție axială (d_a) în dintele D_A pentru cele două regimuri. Pe direcție radială temperaturile cresc de la baza dintelui spre zona vîrfului dintelui, în toate planurile în care s-au măsurat. În dintele D_A maximul se află la 1,7 cm de vîrf, iar la dinții D_B și D_C chiar în vîrful dintelui.

Pe direcție radială, în dintele D_A, temperaturile cresc de pe fața frontală spre un maxim situat la 0,8 cm și scad spre fața dinspre canalul de ventilație. În dinții D_B și D_C temperaturile scad practic uniform de pe o față spre cealaltă.

Temperatura maximă măsurată este localizată în interiorul dintelui D_A la 1,7 cm (1/6) de vîrf pe direcție radială și la 0,8 cm(1/4) de fața frontală pe direcție axială.

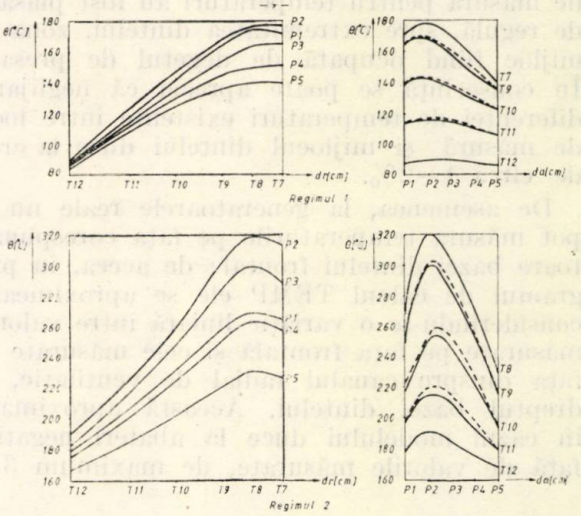


Fig. 6. Variația temperaturilor în dintele DA: ——— măsurat; — — — — calculat.

O parte din regimurile realizate pe model s-au repetat în condițiile unei răciri forțate. Aerul suflat de un ventilator a fost dirijat, cu ajutorul unor ecrane deflectoare, dinspre întrefierul principal spre baza dintelui, prin spațiul din partea frontală a dintelui și prin canalele radiale de ventilație.

Efectul răcirii a constat în reducerea generală a tuturor temperaturilor în punctele de măsură — pe frontieră și în interior — cu circa 60°C, fără a se modifica alurile repartițiilor acestor temperaturi.

Regimurile 1 și 2 prezentate, sînt fără răcire forțată.

În figura 7 se prezintă variația temperaturilor pe lățimea dintelui D_A la regimul 1. Se observă că temperaturile sînt mai mari în

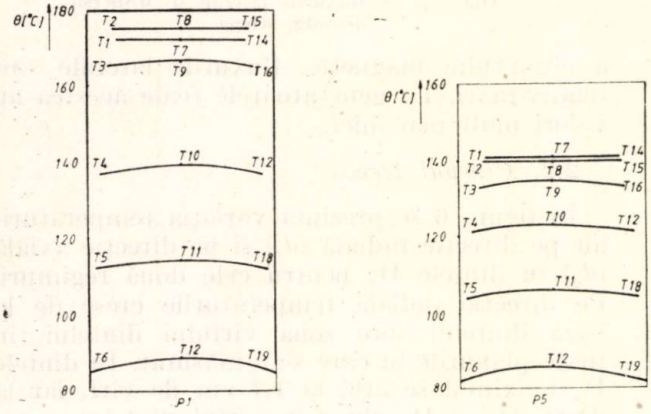


Fig. 7. Variația temperaturilor pe lățimea dintelui DA (regimul 1).

mijlocul dintelui și scad spre extremități. Diferențele sînt în general mici și anume în jur de 1°C în vîrful dintelui și circa 4°C în baza dintelui. Aceleași diferențe s-au găsit la toate regimurile efectuate.

În cazul generatoarelor reale dispozitivele de măsură pentru temperaturi au fost plasate, de regulă, spre extremitatea dintelui, zona de mijloc fiind ocupată de degetul de presare. În consecință se poate aprecia că neglijarea diferenței de temperaturi existente între locul de măsură și mijlocul dintelui duce la erori de circa 1—2%.

De asemenea, la generatoarele reale nu se pot măsura temperaturile pe fața corespunzătoare bazei dintelui frontal; de aceea, în programul de calcul TEMP ele se aproximează, considerîndu-se o variație liniară între valorile măsurate pe fața frontală și cele măsurate pe fața dinspre canalul radial de ventilație, în dreptul bazei dintelui. Această aproximație în cazul modelului duce la abateri negative față de valorile măsurate, de maximum 3%.

În cazul în care se face aceeași aproximare și pentru fața dinspre întrefier a dintelui (vîrful dintelui), abaterile față de valorile măsurate sînt de maximum 7% (abateri negative).

În figura 6 s-au trasat cu linie întreruptă curbele de variație ale temperaturilor în interiorul dintelui D_A, calculate cu programul TEMP — pentru cele două regimuri.

Calculele s-au efectuat considerînd aceleași ipoteze ca și în cazul generatoarelor reale.

Se observă că diferențele între valorile temperaturilor măsurate și valorile calculate sînt de ordinul 6—10%.

Rezultă astfel că metoda de calcul ce stă la baza programului TEMP descrie fenomenele termice din interiorul dintelui cu suficientă precizie.

3. Concluzii

Modificările aduse modelului electromagnetic au permis reproducerea unor condiții de frontieră pentru dintele frontal, cît mai apropiate de cele întîlnite la generatoarele reale. De asemenea, a fost posibilă măsurarea fluxurilor și temperaturilor în interiorul dintelui, fapt ce a permis verificarea programului TEMP și a diverselor ipoteze simplificatoare.

În condițiile modelului și cu aceleași ipoteze ca la generatoarele reale, programul TEMP a furnizat rezultate acoperitoare cu erori de maximum 6—10%. Această precizie este suficientă pentru cercetările în cadrul cărora este utilizat programul TEMP.

Bibliografie

[1] Timotin A.: *Studiul pierderilor suplimentare prin curenți turbionari și al fenomenelor asociate din zona frontală a turbogeneratoarelor mari, cu ajutorul unui model electromagnetic.* Lucrare IPB, Catedra de Electrotehnică, 1974.

[2] Zlatanovici D., Kertesz T.: *Funcționarea generatoarelor de mare putere în regim subexcitat (capacitiv).* Colecția „Generalizarea experienței de exploatare", vol. 179, ICEMENERG, 1980.

[3] Zlatanovici D.: *Metodă experimentală directă pentru determinarea solicitărilor termice și magnetice în dintele frontal statoric la generatoarele aflate în exploatare.* În curs de apariție în Energetica, 1983.

[4] Postnikov I. M. ș.a.: *Electromagnitnie i teplovie protesi v konțevih ceastiah moșcinih turbogheneratorov.* Iz. Naukova Dumka, Kiev, 1971.

(Primit la 4 octombrie 1982, acceptat la 4 februarie 1983)

Stabilirea unor criterii obiective pentru evaluarea temperaturii ambiante necesare ființei omenești

Dr. ing. E. Pavel*

„Criza petrolului" din anii trecuți a atras atenția specialiștilor asupra unei posibile crize a energiei în general. Ca urmare guvernele diferitelor țări, chiar și ale acelora care puteau fi considerate ca fiind bogate din punct de vedere energetic, au luat o serie de măsuri pentru reducerea și eliminarea risipei în consumul de energie și pentru creșterea producției de energie provenită din surse noi accesibile. Atunci cînd se vorbește despre risipă, este necesar să se stabilească și un nivel de comparație față de care să se poată aprecia economia, risipa sau parcimonia.

În practică, risipa de energie poate fi de mai multe feluri:

— risipa din instalațiile tehnologice-energetice, transformatoare de energie, în care numai o parte din energie devine utilă, restul difuzîndu-se, în majoritatea cazurilor, sub formă de căldură în mediul ambiant;

— risipa căldurii prin pierderile sub formă de radiație, convecție, conducție (pierderi prin pereți prost izolați etc.);

— risipa energiei ambietale prin exagerarea cantității de căldură necesară ființei omenești etc.

Risipa de energie din instalațiile tehnologic-energetice se controlează prin verificarea randamentului. Acesta poate fi îmbunătățit prin măsuri de perfecționare tehnică a instalațiilor. În ultimul timp proiectanții de agregate iau măsuri pentru utilizarea cît mai extinsă a energiei provenite din pierderi, realizînd chiar agregate complexe care produc energie mecanică sau electrică și căldură utilizabilă pentru încălzirea spațiilor locuibile. Sînt realizate, de asemenea, agregate care preiau căldura provenită din pierderi tehnologice, transformînd-o în căldură utilă sau în energie mecanică și electrică.

Risipa căldurii prin diferitele forme de transmisie se stăpînește controlînd cantitativ pierderile prin mediul înconjurător sau prin pereți și, dacă este cazul, folosind materiale izolante, cu rezistivitate termică mare.

Căldura ambietală necesară ființei omenești este folosită pentru menținerea unui anumit echilibru al schimbului energetic dintre corpul omenesc și mediul înconjurător. Acest echilibru se realizează prin stabilirea anumitor niveluri de temperatură ale pielii și ale mediului. Corpul omenesc este prevăzut cu dispozitive de autoreglare termică, folosind ca sistem principal de evacuare a căldurii, transpirația. Există posibilitatea ca echilibrul schimbului de căldură să se realizeze în mai multe stări stabilizate, diferite. Dintre acestea, numai unele stări, situate într-o plajă foarte restrînsă, corespund cu o senzație de satisfacție, de confort pentru ființa omenească. Depășirea acestei zone într-un sens sau altul duce la sentimentul de disconfort, la senzația de „prea cald" sau „prea frig", „prea umed" sau „prea uscat" etc.

Este evident că senzația de „prea cald" corespunde unei temperaturi ridicate a mediului înconjurător și dacă acesta este încălzit cu mijloace artificiale, aceasta înseamnă risipă de căldură.

În prezenta lucrare, se încearcă o clarificare a noțiunii de confort termic a factorilor care îl influențează și a măsurilor ce trebuie luate pentru menținerea senzației de satisfacție, fără a se face risipă de căldură.

*

O serie de cercetări efectuate în laboratoare au dus la concluzia că senzația de confort termic a omului nu este o funcție exclusivă de temperatura aerului, ci și de alți parametri mai puțin evidenți: temperatura medie de radiație a corpului, viteza relativă a aerului, umiditatea aerului, nivelul de activitate a

* Dr. ing. E. Pavel — Institutul Central de Cercetări Energetice

omului, rezistența termică a hainelor. Influența cantitativă combinată a acestor parametri poate fi determinată pe baza unor încercări adecvate efectuate cu ajutorul unor „subiecți" judicios aleși, astfel încît rezultatele să fie reprezentative. Pe baza unei expresii matematice de corelație între acești factori se pot calcula parametrii care în diferite condiții de mediu, de îmbrăcăminte, de nivel de activitate, influențează și determină senzația de confort termic.

În ciuda marilor variații posibile ale mediului extern înconjurător, mediul intern, adică mediul înconjurător al celulelor organismului — reprezentat în special de sînge și limfă — prezintă particularitatea că prin intervenția unor mecanisme foarte complexe reușește să-și mențină constante caracteristicile principale: compoziția chimică, presiunea, temperatura etc.

Se realizează ceea ce se numește homeostazia proceselor fiziologice, astfel încît să se obțină un echilibru dinamic al organismului. Termenul și conceptul de homeostazie a fost introdus de peste 40 ani de fiziologul american W. B. Cannon și se aplică la diferitele funcții și fluxuri ale corpului omenesc (hidrodinamica biologică și reglarea balanței hidrice, chimia sîngelui, bilanțul energetic al corpului etc.) [2].

Ființa umană face parte din grupa animalelor homeoterme; acestea sînt prevăzute cu un sistem termoregulator foarte complicat. Temperatura internă, care la om este în jurul valorii de 37°C, poate fi menținută constantă în condițiile existenței unui echilibru între căldura produsă de corp și cea evacuată în mediul ambiant. La mamiferele cu sînge cald, inclusiv la om, echilibrul căldurii este controlat în special prin hypotalamus, care este o parte din creier și care funcționează ca un termostat.

Informațiile referitoare la temperatură sînt aduse la un centru de temperatură, iar termoreceptorii sînt situații atît în acest centru, cît și în diverse puncte și zone ale pielii. Există receptori de căldură și receptori de frig. Schimbările de temperatură influențează acești receptori care transmit impulsuri nervoase la centrul de temperatură din creier. Aici, informațiile sînt prelucrate și coordonate, după care se produc reacții care au ca scop menținerea constantă a temperaturii interne.

Experiențele de laborator au arătat că senzația de frig apare în cazul în care temperatura într-o zonă a pielii descrește cu o viteză mai mare de 14,4°C/h, iar senzația de căldură apare dacă viteza de creștere a temperaturii este mai mare de 3,6°C/h[3].

Corpul omului, ca și al celorlalte animale, produce căldură în tot timpul vieții — în permanență — chiar și în starea de odihnă aparent absolută. Căldura este rezultatul proceselor metabolice prin care se transformă energia chimică în căldură. S-au efectuat măsurători calorimetrice și s-a constatat că în repaus muscular și mintal complet, corpul fiind întins și relaxat, la 8 ore după ultima masă, la o temperatură a camerei de circa 20°C se produce un debit de căldură de circa 1W/kg corp. Această energie corespunde unei activități minime bazale a celulelor și de aceea metabolismul energetic determinat în asemenea condiții este denumit *metabolism bazal*. Pentru un om cu o greutate corporală de 80 kg, metabolismul bazal este de 60 W și corespunde unei pierderi de căldură corporală de circa 1650 kcal/zi. În mediile reci, centrul de temperatură comandă tensiuni în mușchi, care declanșează procese metabolice suplimentare cu scopul de a produce căldură în plus. În medii și mai reci, tensiunile din mușchi vor stimula tremurături, care pot să mărească producția de căldură pînă la de 3 ori metabolismul bazal. În cazul efortului fizic, consumul de energie și respectiv pierderile de căldură cresc foarte mult, în cazul unui efort fizic intens putînd ajunge la de 15 ori metabolismul bazal. Metabolismul bazal variază de la individ la individ cu valori cuprinse între 0,85 W/kg corp și 1,1 W/kg corp.

Căldura este transportată din interior către piele, parțial prin conducție, parțial prin convecție, în fluxul sangvin. În cazul mediului rece impulsurile de la receptorii reci produc o vasoconstricție, astfel încît prin reducerea circulației sîngelui să se reducă și fluxul de căldură către piele. Debitul de sînge este micșorat în special la extremități (mîini și picioare). Dar, chiar dacă fluxul de sînge s-ar opri complet, ar exista în continuare pierderi de căldură prin conducție prin piele; acestea depind de izolația termică a pielii, care este de ordinul 0,016—0,16 m^2 °K/W, depinzînd în special de grosimea stratului de grăsime subcutanat. Într-un mediu cald, gradientul de temperatură la suprafața pielii este mic. Fluxul de sînge crește datorită vasodilatației, putînd ajunge pînă la de zece ori fluxul minim. Căldura astfel transportată este evacuată prin piele, în special prin evaporarea transpirației. Fiecare gram de transpirație evacuează circa 2,43 kJ căldură de la suprafața pielii. În acest fel hypotalamusul asigură un reglaj complex al schimburilor de căldură. La o variație a temperaturii mediului înconjurător între −40°C și +40°C temperatura internă a corpului omenesc rămîne în jurul valorii de 37°C, dar temperatura medie a pielii, în special în zona mîinilor și picioarelor, poate varia între 17°C și 40°C.

Temperatura internă a corpului rămîne constantă numai cu condiția existenței echilibrului între producția de căldură și pierderile de căldură. Folosind următoarele notații:

M = metabolism;
W = lucru mecanic extern;
R = schimb de căldură prin radiație;
C = schimb de căldură prin convecție;

Kh = schimb de căldură prin conducție în haine;

Ev = pierderi de căldură prin evaporare;

Rs = schimb de căldură prin respirație, putem scrie relațiile:

$$M \pm W - Ev - Rs = \pm Kh = \pm R \pm C.$$

Semnele + sau — arată că schimbul de căldură se poate face într-un sens sau altul. Expresia reprezintă faptul că pierderile de căldură datorite metabolismului, mai puțin pierderile evacuate prin evaporare și prin respirație, la care se adaugă sau se scade echivalentul caloric al lucrului mecanic extern, sînt egale cu cantitatea de căldură transmisă prin conducție prin haine, respectiv sînt egale cu căldura transmisă prin radiație și prin convecție la suprafața exterioară a hainelor. În ecuația de mai sus sînt neglijate pierderile directe prin conducție între pielea corpului și podea, scaune, pereți etc. (de exemplu între talpa piciorului și podea). În unele cazuri pierderile prin conducție trebuie calculate separat, cum ar fi cazul unei persoane așezate pe un scaun, la care suprafața de contact a corpului cu scaunul este destul de mare în raport cu suprafața totală a corpului (peste 20%). În ecuația de mai sus, lucrul mecanic W apare cu semnul plus sau minus, în funcție de sensul de aplicare al muncii efectuate. În cazul în care munca se realizează spre exterior (de exemplu la pedalarea pentru producere de energie la un ergometru) W este pozitiv; metabolismul corpului crește nu numai cu valoarea echivalentă lucrului mecanic W, ci și cu o cantitate de energie necesară pentru a pompa mai mult sînge și a accelera respirația, astfel încît să se realizeze condițiile necesare producerii lucrului mecanic. Din acest punct de vedere omul este o mașină cu randament tehnic destul de mic — sub 20%. Lucrul mecanic este negativ dacă se exercită din exterior asupra corpului, în care caz acesta se transformă integral în căldură în mușchi. Pierderile de căldură prin evaporare, Ev, se produc parțial prin difuzarea vaporilor de apă prin piele și parțial prin evaporarea transpirației la suprafață. Difuziunea vaporilor prin piele este o funcție liniară de diferența dintre presiunea vaporilor de apă saturați la temperatura pielii și presiunea vaporilor de apă în aerul ambiant. Pierderea de căldură care însoțește acest fenomen se evaluează la circa 10 W/m² din suprafața pielii.

Evaporarea prin transpirație de pe suprafața pielii este una dintre cele mai eficace căi pentru reglajul temperaturii interne. Valoarea căldurii pierdute în acest mod poate varia de la 0, în timpul odihnei, pînă la 400 W/m², la o muncă foarte grea.

Pierderile de căldură prin respirație se datoresc diferenței de temperatură între aerul exhalat și aerul înconjurător, precum și diferenței dintre conținuturile de apă. Calculele și experimentările arată că aceste pierderi sînt relativ mici (2—3 W/m²) și pot fi neglijate deseori.

Schimbul de căldură prin conducție în îmbrăcăminte depinde de temperatura medie a pielii, de temperatura la suprafața hainelor și de izolația termică a îmbrăcămintei. În funcție de felul hainelor (de vară, de iarnă, ușoară, grea etc.) coeficientul de izolație termică al hainelor ia valori între 0 și 0,233 m² °K/W.

Pierderile de căldură prin radiație, care au loc între suprafața pielei sau îmbrăcămintei persoanei și suprafețele înconjurătoare (geamuri, pereți etc.), se calculează cu ajutorul expresiei legii lui Ștefan-Boltzmann. După cum se știe, schimbul de căldură este proporțional cu diferența puterilor de ordinul 4 ale temperaturilor absolute, măsurate la nivelurile celor două suprafețe.

În sfîrșit, schimbul de căldură prin convecție se realizează ca urmare a diferenței de temperatură între suprafața îmbrăcămintei și mediul ambiant. Pierderea de căldură prin deplasarea aerului se realizează atît prin convecție liberă, cît și prin convecție forțată (cum este cazul folosirii aerului condiționat). În fiecare caz trebuie să se evalueze ce este mai semnificativ, convecția liberă sau cea forțată. În general, dacă mișcarea aerului se face cu o viteză mai mare de 0,1 m/s, convecția liberă devine neglijabilă față de cea forțată.

Ținînd seama de cele de mai sus este evident că pentru o persoană dată ca subiect, la o activitate dată, cu o îmbrăcăminte și cu un anumit mediu înconjurător date, se va stabili o balanță a schimbului de căldură la o anumită combinație a celor doi factori: *temperatura pielii* și *pierderile prin transpirație*.

Practica arată că balanța de căldură nu este suficientă pentru a stabili o stare de satisfacție din punctul de vedere al confortului termic.

În evantaiul larg de condiții ale mediului ambiant, în care poate fi obținută balanța schimburilor de căldură, există numai o zonă restrînsă care va corespunde confortului termic. Această zonă este strîns legată de cei doi factori subliniați mai sus. S-au efectuat multiple teste cu un număr mare de oameni pentru a stabili corelații între temperatura medie a suprafeței pielii și metabolismul minus lucrul mecanic efectuat (M—W), precum și între căldura evacuată prin evaporare și metabolism (M—W) în situația în care subiecții se găseau în stare de confort termic. Folosindu-se regresia liniară s-au obținut relații matematice care exprimă corelațiile de mai sus pentru tipuri medii de ființe omenești. S-a constatat că în situație de confort termic, temperatura medie a pielii descrește la eforturi și activități mai grele, iar pierderile prin transpirație cresc.

Exprimarea prin relații matematice a legăturilor dintre parametrii discutați permite obți-

nerea unei ecuații a confortului cu ajutorul căreia se pot stabili acele combinații de activitate, îmbrăcăminte și cele patru variabile ale mediului (temperatura aerului, temperatura medie de radiație, viteza aerului, umiditatea), care vor procura ceea ce se numește confortul termic.

Pe baza unor cercetări de acest gen, se pot stabili științific măsurile care trebuie luate pentru evitarea și eliminarea risipei de căldură în domeniul încălzitului.

Este de observat că față de ecuațiile care sînt stabilite pe baza unor medii statistice vor exista diferențe individuale care depind de vîrstă, stare de sănătate etc. În general, din cercetările efectuate în alte țări a rezultat că numărul celor care au fost satisfăcuți prin aplicarea acestui procedeu depășește 95% din numărul total de subiecți testați.

Se mai menționează că datele și rezultatele metodei descrise aplicate în diferite țări nu au fost identice, ceea ce arată că sfera conceptului de confort poate avea conținut diferit din cauze climatice sau chiar din cauza unor obiceiuri și obișnuințe locale.

În țara noastră au fost efectuate cercetări în acest domeniu, în special pentru locurile de muncă din industrie. Se justifică intensificarea cercetărilor pentru spațiile care au alte utilizări, ca de exemplu sălile de spectacole, de restaurante, sălile de sport și bazinele de înot și, bineînțeles, locuințele. În urma rezultatelor unor astfel de lucrări, s-ar putea pune bazele științifice pentru stabilirea normelor de încălzit încăperile, cu evitarea risipei. Sînt exemple în literatura de specialitate din care rezultă că o examinare atentă a modului de încălzire a unor spații și verificarea nivelului de confort termic a condus la schimbarea regimului și reducerea consumului de căldură. Un astfel de exemplu a fost cazul unui teatru la care, pe baza datelor de intrare (metabolism considerat pentru oameni în stare de odihnă, în poziție șezînd, îmbrăcați cu haine de interior, cu un mediu considerat ca avînd o umiditate de 50% și o viteză a aerului sub 0,1 m/s) s-a determinat temperatura aerului ca fiind de 23°C. În calcul se considerase că temperatura de radiație la suprafața hainelor este egală cu temperatura aerului ambiant. La recepția sălii s-au făcut măsurători mai amănunțite, constatîndu-se că temperatura medie de radiație este cu 4°C mai ridicată decît temperatura aerului. Explicația acestui caz constă în faptul că în calculele inițiale nu se ținuse seamă de existența unei emisii reciproce de energie radiantă a spectatorilor din sală. Ca urmare s-a hotărît coborîrea temperaturii sălii, astfel încît să se mențină starea de confort termic în condițiile existenței unei diferențe de temperatură de 4°C între temperatura de radiație și temperatura aerului. Calculele au arătat că în aceste condiții temperatura sălii trebuie să fie de 21°C. Diferența de 2°C a condus la o importantă reducere a consumului de energie [3].

Prezentul articol a încercat să scoată în evidență o problemă legată de gospodărirea cît mai rațională a energiei și să pledeze pentru extinderea cercetărilor în acest domeniu, în care se urmărește optimizarea consumului de energie destinat încălzitului încăperilor.

Bibliografie

[1] Gavrilescu N.: *Factorii de microclimat și solicitarea funcției de termoreglare la muncitorii dintr-o termocentrală.* În: Studii și cercetări de igiena muncii și tehnica securității. Vol XII, nr. 5, București, 1963.

[2] Bittman, E.: *Homeostazia — echilibrul vieții.* Ed. Științifică și Enciclopedică, București, 1978.

[3] Olesen, B. W.: *Thermal Comfort.* În: Technical Review Brüel and Kjaer, nr. 2, 1982.

(Primit la 23 octombrie 1982, acceptat la 25 martie 1983)

Erori posibile de apreciere prin metoda variației impedanței de scurtcircuit, a stării transformatoarelor de putere după solicitări la scurtcircuit

dr. ing. C. Moldoveanu*

Introducere

Unul din criteriile de bază utilizate în prezent pentru a stabili dacă un transformator de putere a corespuns sau nu la solicitările la scurtcircuit la care a fost supus, constă în determinarea variației impedanței de scurtcircuit. Pentru anumite categorii de transformatoare de putere, în standardele naționale de încercare la scurtcircuit și în unele regulamente de exploatare sînt impuse valorile limită admisibile ale acestei variații [1—6], fără însă să se facă precizări privind condițiile de măsurare a impedanței de scurtcircuit pentru care sînt stabilite valorile limită (care înfășurare a transformatorului este alimentată și care este cea scurtcircuitată). Aceasta a determinat practic generalizarea măsurării impedanței de scurtcircuit alimentînd numai înfășurarea primară (în majoritatea cazurilor înfășurarea de înaltă tensiune) și scurtcircuitînd înfășurarea secundară. Valabilitatea concluziilor rezultate din măsurătorile efectuate în acest fel a fost pusă sub semnul îndoielii de următoarele constatări experimentale [6 și 7]:

a) valoarea impendanței de scurtcircuit poate să depindă de direcția alimentării cu energie;

b) mărimea variației impedanței de scurtcircuit, în caz de defect, este diferită, la același transformator, în funcție de înfășurarea care este alimentată.

În prezenta lucrare se analizează, din punct de vedere teoretic și experimental, veridicitatea constatărilor menționate și oportunitatea completării standardelor de încercare la scurtcircuit brusc a transformatoarelor de putere și a regulamentelor de exploatare cu precizări suplimentare, pentru evitarea unor interpretări eronate a comportării la solicitările electrodinamice a acestui tip de echipament.

* Dr. ing. C. Moldoveanu este cercetător științific principal la ICEMENERG

1. Valoarea impedanței de scurtcircuit a unui transformator de putere conectat la rețeaua de alimentare prin înfășurarea primară sau cea secundară

Din teoria clasică a transformatoarelor de putere [8] rezultă relațiile (1) și (2) pentru determinarea impedanței de scurtcircuit a transformatorului văzută dinspre înfășurarea primară (Z_{1k}) și respectiv dinspre înfășurarea secundară (Z_{2k}):

$$Z_{1k} = \sqrt{\left[R_1 + \left(\frac{W_1}{W_2}\right)^2 R_2\right]^2 + \omega^2 \left[L_1 + 2\left(\frac{W_1}{W_2}\right) M + \left(\frac{W_1}{W_2}\right)^2 L_2\right]^2}, \tag{1}$$

$$Z_{2k} = \sqrt{\left[R_2 + \left(\frac{W_2}{W_1}\right)^2 R_1\right]^2 + \omega^2 \left[L_2 + 2\left(\frac{W_1}{W_2}\right) M + \left(\frac{W_2}{W_1}\right)^2 L_1\right]^2}, \tag{2}$$

unde:

R_1 este rezistența înfășurării primare;
R_2 — rezistența înfășurării secundare;
L_1 — inductanța totală a înfășurării primare:

$$L_1 = L_{11} + \beta M;$$

L_2 — inductanța totală a înfășurării secundare:

$$L_2 = L_{22} + \frac{M}{\beta};$$

L_{11} — inductanța de scăpări a înfășurării primare;
L_{22} — inductanța de scăpări a înfășurării secundare;
M — inductanța mutuală între înfășurarea primară și cea secundară;
$\beta = W_1/W_2$
W_1 — numărul de spire în înfășurarea primară;
W_2 — numărul de spire în înfășurarea secundară;
X_1 — reactanța de scăpări a înfășurării primare:

$$X_1 = \omega L_1;$$

X_2 — reactanța de scăpări a înfășurării secundare:

$$X_2 = \omega L_2.$$

Se observă că între Z_{1k} și Z_{2k} există o legătură stabilită prin relația (3):

$$Z_{1k} = \left(\frac{W_1}{W_2}\right)^2 Z_{2k}. \tag{3}$$

Deci, din punct de vedere teoretic, nu ar trebui să existe vreo diferență între impedanța de scurtcircuit Z_{1k}, măsurată alimentînd înfășu-

rarea primară și scurtcircuitînd înfășurarea secundară, și impedanța de scurtcircuit raportată Z'_{1k}, obținută înmulțind impedanța de scurtcircuit Z_{2k}(măsurată alimentînd înfășurarea secundară și scurtcircuitînd înfășurarea primară) cu factorul $\left(\frac{W_1}{W_2}\right)^2$.

Pentru a verifica această ipoteză din punct de vedere experimental s-a măsurat în repetate rînduri impedanța de scurtcircuit la două transformatoare pe diverse poziții ale comutatorului de reglaj, în ambele direcții de alimentare.

Schemele circuitelor de măsură sînt prezentate în figura 1*a* și 1*b*.

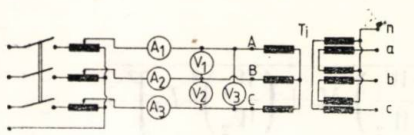


Fig. 1*a*.

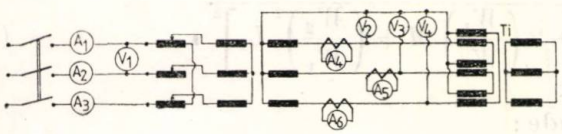


Fig. 1*b*.

Pentru măsurătorile efectuate conform circuitului din figura 1*a* s-au folosit ampermetre și voltmetre de clasă de precizie 0,2. În circuitul din figura 1*b* ampermetrele A_4, A_5, A_6 și transformatoarele de măsură de curent au fost de clasă de precizie 0,2; voltmetrele V_2, V_3, V_4 au fost de clasă de precizie 0,5, iar ampermetrele A_1, A_2, A_3 și voltmetrul V_1 au fost de clasă de precizie 1.

Rezultatele măsurătorilor sînt prezentate în tabelul 1.

Folosind metodele statisticii matematice s-a verificat dacă cele două serii de valori pentru impedanța de scurtcircuit a transformatorului, privită dinspre înfășurarea primară (impedanța măsurată și impedanța raportată) pot fi comparate (valorile se află într-un anumit interval de încredere). Pentru analiză s-au folosit testele „F" și „Student", bazate pe repartițiile Snedecor și respectiv Goset [9]. Conform testului „F" dispersiile (S_1) și respectiv (S_2), ale celor două serii de valori, sînt practic egale dacă variabila $F = \frac{S_1^2}{S_2^2} \cdot \frac{n_2}{n_1}$ (unde S_1^2 și S_2^2 urmează legea χ^2 pentru n_1 și respectiv n_2 grade de libertate), pentru S_1, S_2, n_1 și n_2 cunoscute, are

Tabelul 1

Nr. crt.	Transformatorul	Plotul	Seria măsurătorilor	Temperatura transformatorului [°C]	Impedanța măsurată						Impedanța raportată		
					Z_{1k_A} [Ω]	Z_{1k_B} [Ω]	Z_{1k_C} [Ω]	Z_{2k_A} [mΩ]	Z_{2k_B} [mΩ]	Z_{2k_C} [mΩ]	Z'_{1k_A} [Ω]	Z'_{1k_B} [Ω]	Z'_{1k_C} [Ω]
1	U		U1	10	234,8	216,3	225,5	94,7	95,3	94,7	213,66	215,02	213,66
2			U2	10	237,4	215,5	226,4	99,6	95,7	100,8	224,72	215,92	227,43
3			U3	4	234,8	215,3	223,8	98	94,2	99,5	221,11	212,53	224,49
4			U4	8,5	231,9	213,4	221	98,6	92,2	100	222,46	212,53	225,62
5	V	1	V1.1	10	68,1	68,73	67,83	42,0	44,7	44,5	66,35	69,3	68,99
6			V1.2	10	68,27	69,18	67,4	42,9	45,2	44,6	66,51	70,07	69,14
7			V1.3	4	68,25	69,15	67,52	42,8	44,6	45,3	66,35	69,14	70,23
8			V1.4	8,5	68,4	68,77	67,4	43	44,5	44,4	66,46	68,99	68,83
9		2	V2.1	10	58,87	59,84	58,82	42,2	44,4	43,7	59,34	62,43	61,45
10			V2.2	10	58,79	59,9	58,4	42,5	44,6	44,2	59,76	62,71	62,15
11			V2.3	4	58,89	59,96	58,4	41,9	44,5	44,7	58,92	62,57	62,85
12			V2.4	8,5	59,17	59,74	58,24	41,8	43	44	58,72	62,46	61,87
13		3	V3.1	10	51,14	51,58	50,53	41,8	43,7	43,4	53,05	55,46	55,08
14			V3.2	10	51,09	51,74	50,47	42,3	44,4	44	53,68	55,34	55,84
15			V3.3	4	51,06	51,74	50,38	41,6	42,5	44,4	52,79	53,93	56,34
16			V3.4	8,5	50,83	51,35	50,22	41,7	41,8	43,8	52,92	53,85	55,58

valoarea mai mică decît cea dată de funcţia de repartiţie Snedecor:

$$f_{(F)} = C_0 \frac{F^{\frac{n_1-2}{2}}}{(n_2+n_1)F^{\frac{n_1+n_2}{2}}} \quad (4)$$

pentru o probabilitate „α" de a se comite o eroare. Conform testului „Student" mediile aritmetice ale celor două serii de valori Y_1 şi respectiv Y_2 sînt practic egale dacă variabila

$$t = \frac{\sqrt{\frac{n_1 n_2}{n_1+n_2}}(|\bar{Y}_1 \cdot \bar{Y}_2|)}{\sqrt{\frac{n_1 S_1^2 + n_2 S_2^2}{n_1+n_2-2}}} \quad (5)$$

pentru $\bar{Y}_1$, $\bar{Y}_2$, S_1, S_2, n_1 şi n_2 cunoscute are valoarea mai mică decît cea dată de funcţia de repartiţie Goset („Student"):

$$f(t) = \frac{1}{\sqrt{n\pi}} \cdot \frac{\Gamma\left(\frac{n+1}{2}\right)}{\Gamma\left(\frac{n}{2}\right)} \left(1+\frac{t^2}{n}\right)^{-\frac{n+1}{2}} \quad (6)$$

pentru o probabilitate „α".

Rezultatele prelucrărilor statistico-matematice ale datelor obţinute la măsurători sînt prezentate în tabelele 2 şi 3. Eroarea medie absolută (dispersia S) şi media procentuală a abaterii (abaterea procentuală δ) pentru orice măsurătoare efectuată (y_i) s-au determinat folosind relaţiile:

$$S^2 = \frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}(y_i-\bar{Y})^2 \quad (7) \qquad \text{şi } \delta = \frac{100}{Y} S, \quad (8)$$

unde:

$$\bar{Y} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} y_i \quad (9)$$

este media aritmetică a rezultatelor celor n măsurători.

Datorită tensiunilor mici (sub un volt) şi a curenţilor mari (sute de amperi), care apar la măsurarea impedanţei de scurtcircuit alimentînd înfăşurarea de joasă tensiune şi scurtcircuitînd înfăşurarea de înaltă tensiune, erorile de măsură sînt mult mai mari decît la măsurarea impedanţei de scurtcircuit cu alimentarea în sens invers.

Pentru măsurătorile la care pe baza testelor „F" şi „Student" s-a acceptat ipoteza egalităţii mediilor, pentru $\alpha = 0{,}05$, a rezultat o abatere medie relativă între valorile măsurate şi cele raportate de 0,49%, iar pentru $\alpha = 0{,}01$ abaterea medie relativă a fost de 1,42%.

Aplicînd cele două metode de măsurare pentru determinarea impedanţei de scurtcircuit s-au obţinut rezultate care nu diferă semnificativ din punct de vedere statistic (ţinînd seama şi de erorile de măsură posibile) pentru un prag de semnificaţie (α) al celor două teste de 0,05.

Deci dependenţa impedanţei de scurtcircuit de direcţia alimentării, la transformatoare de putere de calitate corespunzătoare, semnalată în literatură, nu este o concluzie valabilă pentru orice tip constructiv de transformator. Erorile de măsură pot, de asemenea, să ducă la abateri relativ mari între valorile impedanţei determinate în cele două direcţii de alimentare.

Totuşi, o explicaţie a diferenţelor semnalate între valorile impedanţei de scurtcircuit determinate experimental, în ambele direcţii ale alimentării cu energie, ar putea consta în reluctanţa diferită a căilor de dispersie. În cazul alimentării înfăşurării care este mai apropiată de miez, cea mai mare parte a fluxului de dispersie se închide prin miez, în timp ce în cazul alimentării înfăşurării exterioare cea mai mare parte a fluxului de dispersie se închide pe la partea exterioară a înfăşurărilor. De asemenea, este posibil ca ea să se producă la transformatoare la care cele două înfăşurări au înălţime diferită, în care caz componenta transversală a fluxului de dispersie măreşte foarte mult tensiunea (şi deci impedanţa) de scurtcircuit.

2. Dependenţa mărimii variaţiei impedanţei de scurtcircuit de direcţia alimentării cu energie

Se presupune că un transformator de putere, avînd impedanţele de scurtcircuit Z_{1k} şi Z_{2k} pentru care este valabilă relaţia (3), este solicitat la eforturile electrodinamice produse de un scurtcircuit brusc (în laborator sau în sistemul energetic).

Se presupune, de asemenea, că acest transformator de putere, la solicitările la care a fost supus, a avut următoarele comportări:

I — a suportat în mod corespunzător aceste solicitări fără să prezinte vreo modificare a stării sale;

II — s-au produs relativ mici deformări la bobinele înfăşurării primare sau secundare, însoţită sau nu de deteriorarea sau deformarea inelelor de presare a bobinelor;

III — s-au scurtcircuitat cîteva spire, fie în înfăşurarea primară, fie în cea secundară.

Să analizăm modul în care cele trei stări menţionate influenţează mărimea variaţiei impedanţei de scurtcircuit, determinată în ambele direcţii de alimentarea cu energie δZ_{1k} şi respectiv δZ_{2k}. Pentru aceasta, în relaţiile mate-

Tabelul 2

Nr. crt.	Transformatorul	Seria măsurătorilor	Faza A				Faza B				Faza C				Faza a				Faza b				Faza c			
			Z_A [Ω]	Z_{m_A} [Ω]	S_A [Ω]	δ_A [%]	Z_B [Ω]	Z_{m_B} [Ω]	S_B [Ω]	δ_B [%]	Z_C [Ω]	Z_{m_C} [Ω]	S_C [Ω]	δ_C [%]	Z_a [mΩ]	Z_{m_a} [mΩ]	S_a [mΩ]	δ_a [%]	Z_b [mΩ]	Z_{m_b} [mΩ]	S_b [mΩ]	δ_b [mΩ]	Z_c [mΩ]	Z_{m_c} [mΩ]	S_c [mΩ]	δ_c [%]
1	U	U1	234,8	234,7	2,25	0,56	216,3	215,1	1,23	0,57	225,5	224,2	2,37	1,06	94,7	97,7	0	1,87	95,3	94,8	0,7	0,8	94,7	98,7	4,9	4,99
2		U2	237,4				215,5				226,4				99,6				95,7				100,8			
3		U3	234,8				215,3				223,8				98				94,2				99,5			
4		U4	231,9				213,4				221				98,6				94,2				100			
5	V	V1.1	68,1	66,25	0,123	0,18	68,73	68,96	0,21	0,349	67,83	67,53	0,203	0,3	42,8	42,9	0,09	0,223	44,7	44,75	0,304	0,68	44,5	44,7	0,408	0,913
6		V1.2	68,27				69,18				67,4				42,9				45,2				44,6			
7		V1.3	68,25				69,15				67,52				42,8				44,6				45,3			
8		V1.4	68,4				68,77				67,4				43				44,5				44,4			
9		V2.1	58,87	58,93	0,166	0,281	59,84	59,86	0,094	0,157	58,82	58,46	0,248	0,425	42,2	42,1	0,316	0,751	44,4	44,125	0,754	1,71	43,7	44,15	0,42	0,94
10		V2.2	58,79				59,9				58,4				42,5				44,6				44,2			
11		V2.3	58,89				59,96				58,4				41,9				44,5				44,7			
12		V2.4	59,17				59,74				58,21				41,8				43				44			
13		V3.1	51,14	51,03	0,1375	0,27	51,58	51,6	0,184	0,367	50,53	50,4	0,135	0,267	41,8	41,85	0,311	0,743	43,7	43,1	1,169	2,71	43,4	43,9	0,1733	0,0578
14		V3.2	51,09				51,74				50,47				42,3				44,4				44			
15		V3.3	51,06				51,74				50,38				41,16				42,5				44,4			
16		V3.4	50,83				51,35				50,22				41,7				41,8				43,8			

Tabelul 3

Nr. crt.	Transformatorul	Seria măsurătorilor	Prelucrarea statistică a valorilor impedanțelor de scurtcircuit raportate												Testul „F"					Testul „student"				
			Faza A				Faza B				Faza C				Faza			$F_{0,05;3,3}$	$F_{0,01;3,3}$	Faza			$t_{0,05;6}$	$t_{0,01;6}$
			Z'_A [Ω]	Z'_{m_A} [Ω]	S'_A [Ω]	δ'_A [%]	Z'_B [Ω]	Z'_{m_B} [Ω]	S'_B [Ω]	δ'_B [%]	Z'_C [Ω]	Z'_{m_C} [Ω]	S'_C [Ω]	δ'_C [%]	A	B	C			A	B	C		
															F_A	F_B	F_C			t_A	t_B	t_C		
1	U	U1	213,66	220,5	4,79	2,17	215,02	214	4,74	0,81	213,66	222,8	6,21	2,79	4,53	14,85	6,87	9,28	29,5	4,64	0,389	0,61	2,447	3,707
2		U2	224,72				215,92				227,43													
3		U3	221,11				212,53				224,49													
4		U4	222,46				212,53				225,62													
5	V	V1.1	66,35	66,47	0,149	0,223	69,3	69,37	0,48	0,69	68,99	69,29	0,634	0,91	1,47	4	9,75	9,28	29,5	1,97	1,34	5,03	2,447	3,707
6		V1.2	66,51				70,07				69,14													
7		V1.3	66,35				69,14				70,23													
8		V1.4	66,46				68,99				68,83													
9		V2.1	59,34	59,2	0,443	0,751	62,43	62,54	0,1371	0,22	61,45	62,08	0,588	0,94	7,12	27,9	5,62	9,28	29,5	0,99	27,9	15,38	2,447	3,707
10		V2.2	59,76				62,71				62,15													
11		V2.3	58,92				62,57				62,85													
12		V2.4	58,72				62,46				61,87													
13		V3.1	53,05	53,11	0,394	0,743	55,46	54,64	0,97	1,78	55,08	55,71	0,526	0,944	8,21	27,8	15,18	9,28	29,5	8,62	3,58	16,91	2,447	3,707
14		V3.2	53,68				55,34				55,84													
15		V3.3	52,79				53,93				56,34													
16		V3.4	52,92				53,85				55,58													

matice se vor folosi următoarele notații:

— Z_{1k}; Z_{2k}; R_1; R_2; X_1; X_2; L_1; L_2; M; W_1; W_2 — pentru parametrii transformatorului înainte de solicitarea la scurtcircuit brusc;

— Z^i_{1k}; Z^i_{2k}; R^i_1; R^i_2; X^i_1; X^i_2; L^i_1; L^i_2; M^i; W^i_1; W^i_2 — pentru parametrii aceluiași transformator după solicitarea menționată,

— (i) — indice pentru cele trei cazuri analizate ('), (") și respectiv ("').

În cazul I parametrii transformatorului după solicitarea la scurtcircuit sînt practic egali cu cei inițiali, astfel încît se poate scrie:

$$Z'_{1k}=\left(\frac{W_1}{W_2}\right)^2 Z'_{2k} \tag{10}$$

Variațiile impedanței de scurtcircuit

$$\delta Z_{1k}=\frac{Z_{1k}-Z'_{1k}}{Z_{1k}} \quad \text{și} \tag{11}$$

$$\delta Z_{2k}=\frac{Z_{2k}-Z'_{2k}}{Z_{2k}} \tag{12}$$

sînt practic egale și de valoare nesemnificativă, cu mult sub limitele maxime admise.

În cazul II între parametrii transformatorului după solicitarea la scurtcircuit brusc și cei inițiali există următoarele relații: $W''_1=W_1$; $W''_2=W_2$; $R''_1=R_2$; $M''\neq M$; $L''_1\neq L_1$; $L''_2\neq L_2$.

Pentru determinarea impedanței de scurtcircuit (Z''_{1k}), determinată considerînd alimentată înfășurarea secundară și scurtcircuitată înfășurarea primară și a impedanței de scurtcircuit (Z''_{2k}), determinată modificînd sensul alimentării cu energie, se scriu relațiile (13) și respectiv (14):

$$Z''_{1k}=\sqrt{\left[R''_1+\left(\frac{W''_1}{W''_2}\right)^2 R''_2\right]+\omega^2\left[L''_1+2\left(\frac{W''_1}{W''_2}\right)M+\left(\frac{W''_1}{W''_2}\right)^2 L''_2\right]^2} \tag{13}$$

$$Z''_{2k}=\sqrt{\left[R''_2+\left(\frac{W''_2}{W''_1}\right)^2 R''_2\right]^2+\omega^2\left[L''_2+2\left(\frac{W''_2}{W''_1}\right)M+\left(\frac{W''_2}{W''_1}\right)^2 L''_2\right]^2} \tag{14}$$

Ținînd seama de ipotezele făcute privind parametrii transformatorului se constată că între Z''_{1k} și Z''_{2k} există o legătură dată de relația (15):

$$Z''_{1k}=\left(\frac{W''_1}{W''_2}\right)Z''_{2k} \tag{15}$$

Variațiile impedanței de scurtcircuit Z''_{1k} și respectiv Z''_{2k}, determinate în cele două direcții de alimentare cu energie, sînt obținute folosind relațiile (16) și (17):

$$\delta Z'_{1k}=\frac{Z_{1k}-Z''_{1k}}{Z_{1k}} \tag{16}$$

$$\delta Z_{2k}=\frac{Z_{2k}-Z''_{2k}}{Z_{2k}} \tag{17}$$

Cum $W''_1=W_1$ și $W''_2=W_1$ rezultă egalitatea $\delta Z''_{1k}=\delta Z''_{2k}$, deci variația impedanței de scurtcircuit (pentru acest caz analizat) este aceeași, fie că impedanța de scurtcircuit s-a măsurat alimentînd numai înfășurarea primară, fie alimentînd numai înfășurarea secundară.

În cel de al doilea caz, între parametrii transformatorului după solicitarea acestuia la scurtcircuit brusc și cei inițiali se pot scrie relațiile; $R'''_1=R_1$; $R'''_2=R_2$; $W'''_1\neq W_1$; W''_2-W_2; $M'''\neq M$; $L'''_1\neq L_1$; $L''_2\neq L_2$ (dacă defectul este numai în înfășurarea primară), $R'''_1=R_1$; $R'''_2\neq R_2$; $W'''_1=W_1$; $W'''_2\neq W_2$; $M'''\neq M$; $L'''_1\neq L_1$; $L''_2\neq L_2$ (dacă defectul este numai în înfășurarea secundară) sau $R'''_1\neq R_1$; $R'''_2\neq R_2$; $W'''_1\neq W_1$; $W'''_2\neq W_2$; $M'''\neq M$; $L'''_1\neq L_1$; $L''_2\neq L_2$ (dacă defectul afectează atît înfășurarea primară, cît și înfășurarea secundară).

Impedanțele de scurtcircuit Z'''_{1k} și Z'''_{2k} sînt determinate ținînd seama de cele două direcții posibile de alimentare cu energie, conform relațiilor (18) și (19):

$$Z'_{1k}=\sqrt{\left[R'''_1+\left(\frac{W'''_1}{W'''_2}\right)^2 R'''_2\right]^2+\omega^2\left[L'''_1+2\left(\frac{W'''_1}{W'''_2}\right)M+\left(\frac{W'''_1}{W'''_2}\right)^2 L'''_2\right]^2} \tag{18}$$

$$Z'''_{2k}=\sqrt{\left[R'''_2+\left(\frac{W'''_2}{W'''_1}\right)^2 R'''_1\right]^2+\omega^2\left[L'''_2+2\left(\frac{W'''_2}{W'''_1}\right)M+\left(\frac{W'''_2}{W'''_1}\right)^2 L'''_1\right]^2} \tag{19}$$

Tabelul 4

Transformatorul	$Z_{1k}[\Omega]$						$Z_{2k}[\Omega]$						δZ_{1k} [%]			δZ_{2k} [%]		
	Z_{1k_A}	Z'''_{1k_A}	Z_{1k_B}	Z'''_{1k_B}	Z_{1k_C}	Z'''_{1k_C}	Z_{2k_A}	Z'''_{2k_A}	Z_{2k_B}	Z'''_{2k_B}	Z_{2k_C}	Z'''_{2k_C}	δZ_{1k_A}	δZ_{1k_B}	δZ_{1k_C}	δZ_{2k_A}	δZ_{2k_B}	δZ_{2k_C}
1	234,8	∞	216,3	259,1	225,5	255,4	94,7	74,1	95,3	94,3	94,7	66,6	∞	1	13	22	1	30
2	149	∞	147	167,5	147,13	166,3	53,6	217	53,3	59,3	61,5	217,8	∞	14	13	264	11	254
3	58,87	∞	59,84	∞	58,82	∞	42,2	∞	44,4	∞	43,7	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞

Se observă că între cei doi parametri Z'''_{1k} și Z'''_{2k} se menține relația de legătură (10):

$$Z'''_{1k} = \left(\frac{W'''_1}{W'''_2}\right)^2 Z'''_{2k}$$

Deoarece raportul $\frac{W'''_1}{W'''_2}$ este diferit de raportul $\frac{W_1}{W_2}$ variația impedanței de scurtcircuit $\delta Z'''_{1k} = \frac{Z_{1k} - Z'''_{1k}}{Z_{1k}}$ (determinată alimentînd înfășurarea primară și scurtcircuitînd înfășurarea secundară) diferă de variația impedanței de scurtcircuit $\delta Z'''_{2k} = \frac{Z_{2k} - Z'''_{2k}}{Z_{2k}}$ (determinată alimentînd înfășurarea secundară și scurtcircuitînd înfășurarea primară):

$$\delta Z'''_{1k} = \frac{\left(\frac{W_1}{W_2}\right)^2 Z_{2k} - \left(\frac{W'''_1}{W'''_2}\right)^2 Z'''_{2k}}{\left(\frac{W_1}{W_2}\right) Z_{2k}} \quad (20)$$

La aceeași concluzie s-a ajuns și pe baza rezultatelor experimentale obținute la încercarea la scurtcircuit brusc a unor transformatoare de putere la stația de încercări de mare putere a ICEMENERG București. În tabelul 4 se prezintă, pentru exemplificare, rezultatele la trei transformatoare încercate și distruse la probele de anduranță la scurtcircuit brusc.

La primele două transformatoare s-a defectat numai înfășurarea primară, iar la cel de al treilea defectul a afectat atît înfășurarea primară, cît și înfășurarea secundară.

3. Concluzii

Pe baza măsurătorilor efectuate și a analizei acestora nu se poate afirma în mod cert, în cazul transformatoarelor studiate, că tensiunea de scurtcircuit măsurată depinde sau nu de direcția de alimentare, deoarece diferențele constatate sînt comparabile cu erorile de măsurare a impedanței (pentru rezultatele la care testele „F" și „Student" au dat rezultate corespunzătoare). O concluzie certă s-ar putea obține numai dacă sînt reduse la minimum toate erorile de măsurare posibile.

Atît din punct de vedere teoretic, cît și din punct de vedere experimental, se demonstrează dependența mărimii variației impedanței de scurtcircuit de direcția alimentării cu energie pentru acele transformatoare de putere la care se modifică numărul de spire al uneia dintre înfășurări, ca urmare a solicitărilor la eforturile electrodinamice produse de scurtcircuitele exterioare (în laboratorul de mare putere sau în sistem). Din această cauză este necesară completarea atît a standardelor de încercare la scurtcircuit, cît și a instrucțiunilor de revizie și exploatare a transformatoarelor de putere cu următoarele precizări suplimentare:

1. Măsurarea impedanței de scurtcircuit trebuie să se facă alimentînd cu energie atît înfășurarea primară (scurtcircuitînd înfășurarea secundară), cît și înfășurarea secundară (scurtcircuitînd înfășurarea primară).

2. Aceeași valoare limită admisă pentru variația impedanței de scurtcircuit (după solicitarea la scurtcircuit) este valabilă pentru rezultatele obținute în ambele direcții de alimentare cu energie.

3. Pentru acele transformatoare de putere la care măsurarea impedanței de scurtcircuit alimentînd înfășurarea de joasă (medie) tensiune ridică probleme deosebite din punctul de vedere al măsurătorilor (posibilități de măsurare cu erori minime) este necesar să se folosească suplimentar și una din cele două metode defectoscopice mai sensibile, bazate pe analiza răspunsului în frecvență și respectiv pe utilizarea impulsurilor de joasă tensiune [10].

Bibliografie

[1] * * * *Transformatoare de putere. Încercarea la scurtcircuit brusc.* STAS 1703/5, 1980.

[2] * * * *IEEE standard distribution and power transformers short-circuit test code.* ANSI C 57.12.90 a, 1980.

[3] * * * *Transformatori silovie. Metodi ispitania na stoikosti korotkom zamikani.* GOST 20243, 1974.

[4] * * * *Hochspannungsgeräte Transformatoren, Prüfung kurzschlussfestigkeit.* TGL 27641/07, 1973.

[5] * * * *Power transformers. Ability to withstand short circuit.* Publicația CEI 76/5.1976.

[6] * * * PE 116/78 Normativ de încercări şi măsurători la echipamente şi instalaţii electrice". M.E.E., Bucureşti, 1981.

[7] Venar F. : *Napěti nakrátko při napreájeni transformátoru z jedné nebo druhé strany.* Elektrotechniky Obzor, 1974, nr. 4, p. 203—208.

[8] Gillies D. A. : *Bonneville Power Administration transformer short circuit test results. Comparison of winding inspection with diagnostic methods IEEE* — PAS, 1973, nr. 3, p. 934—942.

[9] Langlois-Berthelot R. : *Transformers and generators for power systems.* Mac Donald, Londra, 1960.

[10] Craiu V. : *Verificarea ipotezelor statistice.* Ed. didactică şi pedagogică, Bucureşti, 1972.

[11] Moldoveanu C. : *Analiza comparativă a sensibilităţii principalelor metode de detecţie a defectelor produse de eforturile electrodinamice în transformatoarele de putere.* Energetica, 29, 1981, nr. 8, p. 340—352.

(Primit la 31 martie 1982, acceptat la 21 martie 1983)

Invenţii-Inovaţii*)

Aparat pentru verificarea releelor sesizoare de frecvenţă

(54) Aparat pentru verificarea releelor sesizoare de frecvenţă
(72) Inventator : ing. Ion Nedelcu, Alexandru Moise, Corneliu Stan — Bucureşti
(22) Data înregistrării : 10.02.1979
(45) Data publicării : 30.04.1981
(51) Int. cl. [2] : H 01 H 69/01
(11) Descrierea invenţiei 76271
(73) Titular : Întreprinderea de reţele electrice Bucureşti

Invenţia se referă la un aparat portabil pentru verificarea şi depanarea releelor de sesizare a frecvenţei minime, ce intră în componenţa dispozitivelor de deconectare automată a sarcinii la scăderea frecvenţei în sistemul energetic, precum şi pentru verificarea şi depanarea releelor pentru sesizarea punerilor la pămînt pe liniile de medie tensiune, existente în staţiile electrice de transformare.

Sînt cunoscute aparate de laborator ce pot genera frecvenţe variabile în jurul frecvenţei de reţea cu tensiunea de ieşire şi puterea suficiente pentru a permite verificarea releelor de frecvenţă minimă. Dezavantajul acestor aparate este acela că ele se pot utiliza numai în cooperare cu alte aparate care să măsoare valorile mărimilor de verificare (frecvenţă, curent, tensiune), au un gabarit şi o greutate mare, fiind greu transportabile la staţiile de transformare, montajul care se execută în vederea verificării releelor de frecvenţă minimă este foarte incomod de realizat în spaţiul limitat existent în camera de comandă a staţiilor de transformare, iar pentru verificarea releelor pentru sesizarea punerilor la pămînt este necesar ca tensiunea de ieşire să fie transformată într-un curent variabil cu un montaj rezistiv suplimentar. Sînt, de asemenea, cunoscute diverse tipuri de generatoare de audiofrecvenţă realizate după tehnologii moderne, care deşi sînt construite pentru alte scopuri, ar putea fi utilizate pentru verificarea releelor de frecvenţă minimă şi a releelor pentru sesizarea punerilor la pămînt, însă numai împreună cu amplificatoare de tensiune sau curent suplimentare şi cu alte aparate anexă (frecvenţmetru, ampermetru, voltmetru), deoarece mărimea de ieşire a acestor generatoare are o putere de ieşire insuficientă pentru verificarea celor două categorii de relee. Un alt dezavantaj al acestor generatoare constă în faptul că limita inferioară de frecvenţe generate este în jurul domeniilor de lucru ale releelor de frecvenţă minimă şi nu se poate realiza un reglaj suficient de precis al frecvenţei generatoarelor în acest domeniu, în vederea verificării releelor menţionate.

Aparatul pentru verificarea releelor sesizoare de frecvenţă conform invenţiei, înlătură aceste dezavantaje, prin aceea că, în scopul specializării pentru verificarea celor două categorii de relee, conţine un bloc electronic oscilator, a cărui frecvenţă este măsurată cu un subansamblu format dintr-un bloc de transformare a oscilaţiilor sinusoidale în impulsuri dreptunghiulare, un bloc de transformare în impulsuri proporţionale cu frecvenţa şi un bloc de afişare a frecvenţei, mărimea de ieşire a oscilatorului acţionînd un amplificator electronic, care, printr-un bloc de ieşire este transformat fie în amplificator de tensiune, pentru verificarea releelor de frecvenţă minimă, fie în amplificator de curent pentru verificarea releelor pentru sesizarea punerilor la pămînt, frecvenţa mărimii de ieşire fiind afişată cu un bloc de afişare prin intermediul unui bloc de conversie tensiune-curent, iar valorile de tensiune şi curent ale mărimii de ieşire fiind măsurate prin intermediul unor blocuri de măsurare a tensiunii şi a curentului, valorile caracteristice ale mărimilor de verificare fiind citite direct cu ajutorul blocurilor de afişare ale aparatului.

Se dă mai jos un exemplu de realizare a invenţiei în legătură cu figurile 1 şi 2, care reprezintă :

— figura 1, schema bloc a aparatului pentru verificarea releelor sesizoare de frecvenţă ;

— figura 2, metoda de verificare a releelor de frecvenţă minimă şi a releelor pentru sesizarea punerilor la pămînt.

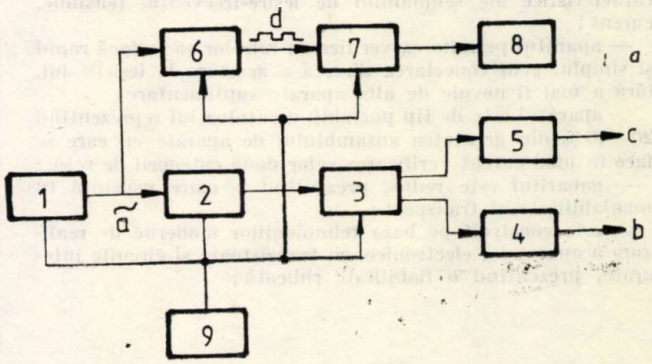


Fig. 1.

Aparatul pentru verificarea releelor sesizoare de frecvenţă, (fig. 1) conform invenţiei, se compune dintr-un bloc electronic oscilator 1, ce poate genera atît o frecvenţă sinusoidală, în domeniul de lucru al releelor de frecvenţă minimă, cît şi armonici şi subarmonici ale frecvenţei de reţea pentru verificarea releelor pentru sesizarea punerilor la pămînt, mărimea lui de ieşire acţionînd printr-un bloc amplificator electronic 2, un bloc de ieşire 3, care transformă aparatul fie în generator de tensiune cu putere maximă de 40 W, fie în generator de curent, în funcţie de natura sarcinii. Un bloc de afişare a tensiunii de ieşire 4 şi un bloc de afişare a curentului de ieşire 5, vizualizează la bornele *b* şi *c* semnalele primite de la blocul de ieşire 3. Un subansamblu electronic format dintr-un bloc 6 de transformare a oscilaţiilor sinusoidale în impulsuri dreptunghiulare *d*, un bloc 7 de transformare a impulsurilor dreptunghiulare în impulsuri de curent, proporţionale cu frecvenţa oscilaţiilor sinusoidale şi un bloc de afişare a frecvenţei 8 este destinat pentru măsurarea frecvenţei generate de oscilatorul 1. Un bloc 9 asigură tensiuni de alimentare stabilizate şi nestabilizate pentru toate etajele electronice. Metoda de verificare a releelor sesizoare de frecvenţă conform invenţiei (fig. 2), constă în aceea că aparatul A, cu funcţia de generator de tensiune are, pentru tensiunea de ieşire de 100 V, o putere maximă de 40 W, ceea ce permite verificarea în acelaşi timp a zece relee de frecvenţă minimă $Re_1 \ldots Re_{10}$ printr-o conectare directă a acestora la ieşirea *a* a aparatului şi vizualizarea cu ajutorul blocurilor 4 şi 8 din figura 1 a mărimilor caracteristice de tensiune şi frecvenţă ale ieşirii *b*, iar atunci cînd se face verificarea unui releu

*) Rubrică întocmită de ing. C. Văidean — ICEMENERG.

pentru sesizarea punerilor la pămînt aparatul A din figura 2, datorită curentului de ieşire suficient de mare pentru verificarea tuturor categoriilor de relee pentru sesizarea punerilor la pămînt, se conectează direct la aceste relee prin ieşirea *c*,

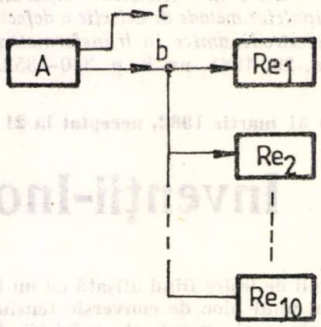


Fig. 2.

iar valorile de curent şi frecvenţă ale mărimii de ieşire se vor afişa la blocurile de afişare 5 şi 8 din figura 1.

Metoda şi aparatul pentru verificarea releelor sesizoare de frecvenţă, conform invenţiei, prezintă următoarele avantaje :

— aparatul este un complex de subansambluri specializate, destinat verificării în teren a releelor sesizoare de frecvenţă, avînd încorporate atît blocurile de afişare a mărimilor caracteristice ale semnalului de ieşire-frecvenţă, tensiune, curent ;

— aparatul permite ca verificarea releelor să se facă rapid şi simplu, prin conectarea directă a acestora la ieşirile lui, fără a mai fi nevoie de alte aparate suplimentare ;

— aparatul este de tip portabil, greutatea lui reprezentînd 20—40 % din greutatea ansamblului de aparate cu care se face în mod curent verificarea celor două categorii de relee ;

— gabaritul este redus, prezentînd o mare uşurinţă în maniabilitate şi transport ;

— este construit pe baza tehnologiilor moderne de realizare a aparatelor electronice, cu tranzistoare şi circuite integrate, prezentînd o fiabilitate ridicată ;

— mărimea de ieşire este foarte stabilă în timp, iar distorsiunile armonice la ieşire sînt sub 1 % ;

— puterea maximă de ieşire în cazul verificării releelor de frecvenţă minimă este de 40 W, fapt ce permite verificarea, în acelaşi timp, a 10 relee alimentate în paralel din ieşirea aparatului, creindu-se astfel posibilitatea ca, în staţiile electrice de transformare în care există mai multe tranşe de deconectare automată a sarcinii la scăderea frecvenţei în sistemul energetic, acestea să fie verificate în succesiunea lor normală de funcţionare printr-o simulare perfectă a scăderii şi creşterii frecvenţei în sistemul energetic ;

— deoarece aparatul necesită pentru alimentare cu tensiune alternativă un cordon prin care şi carcasa lui va fi pusă la pămînt, iar conectarea sarcinii la ieşire se realizează prin două cordoane izolate, nu există pericol de electrocutare.

Revendicare

Aparat pentru verificarea releelor sesizoare de frecvenţă, conform invenţiei, caracterizat prin aceea că este constituit dintr-un bloc oscilator 1, a cărui frecvenţă este măsurată cu un subansamblu format dintr-un bloc 6 de transformare a oscilaţiilor sinusoidale în impulsuri dreptunghiulare, un bloc 7 de transformare în impulsuri proporţionale cu frecvenţa şi un bloc de afişare a frecvenţei 8, mărimea de ieşire a oscilatorului 1 acţionînd un amplificator electronic 2, care, printr-un bloc de ieşire 3 este transformat fie în amplificator de tensiune, pentru verificarea releelor de frecvenţă minimă, fie în amplificator de curent, pentru verificarea releelor pentru sesizarea punerilor la pămînt, frecvenţa mărimii de ieşire fiind afişată cu un bloc de afişare prin intermediul unui bloc de conversie tensiune-curent, iar valorile de tensiune şi curent ale mărimii de ieşire fiind măsurate prin intermediul unor blocuri de măsurare a tensiunii 4 şi a curentului 5, valorile caracteristice ale mărimilor de verificare fiind citite direct cu ajutorul blocurilor de afişare ale aparaturii.

Bibliografie

Brevet, Franţa nr. 2345947.

Noutăţi tehnico-ştiinţifice

Distribuţia temperaturii într-o placă plană groasă

Autor : dr. ing. Constantin I. Staicu, ICEMENERG — Bucureşti

În exploatarea instalaţiilor termoenergetice cu abur intervin adesea variaţii de regim de funcţionare, care se datoresc schimbării lineare a temperaturii fluidului de lucru. După un timp oarecare, se instaurează regimul cvasistaţionar în peretele metalic ; studiul acestui regim este cunoscut.

Conducţia căldurii prin placa plană în perioada regimului variabil de dinaintea celui cvasistaţionar este studiată în acest articol ; au fost analizate separat cele două faze distincte : variaţia temperaturii în grosimea plăcii şi variaţia temperaturii pe faţa exterioară. Studiul se finalizează cu relaţii simple, care permit calculul rapid şi corect al distribuţiei temperaturilor ; se prezintă relaţia de calcul a duratei pentru instaurarea regimului cvasistaţionar.

Articolul cuprinde o aplicaţie privind o placă cu grosimea de 16 cm, dintr-un oţel folosit curent în construcţia turbinelor cu abur ; calculele arată că la viteza de 3 grd/min de variaţie a temperaturii fluidului, durata pentru instaurarea regimului cvasistaţionar este de circa 225 min.

(Articol publicat în revista BWK nr. 3/83, p. 110—112)

Repartiţia nestaţionară a temperaturii într-o placă la variaţii lineare succesive ale temperaturii mediului

Autor : dr. ing. Theodor Popa, ICEMENERG — Bucureşti

Repartiţia temperaturii într-o placă, în regim nestaţionar, a fost determinată pentru modificarea în salt sau lineară a temperaturii mediului.

În lucrare se determină repartiţia temperaturii mediului a cărei curbă de variaţie este asimilată cu o linie poligonală. Se deduce expresia matematică a repartiţiei care se obţine în acest caz prin însumarea efectelor unor variaţii lineare de temperatură ale căror pante şi momente de aplicare se determină din expresia liniei poligonale reprezentative a variaţiei de temperatură a mediului.

(Articol publicat în revista BWK nr. 3/83, p. 113—114)

Ing. Anton Roşu — ICEMENERG

Conf. univ. CERCHEZ MIHU și prof. THEODOR DĂNEȚ, **Probleme pentru aplicarea matematicii în practică**. Editura didactică și pedagogică, București, 1982 (272 pag.)

Lucrarea pe care o prezentăm confirmă o dată în plus afirmația marelui matematician francez Emil Picard (1856—1941): „Matematica nu este știința curioasă și misterioasă pe care și-o închipuie atîția oameni; ea este o piesă esențială în cunoașterea naturii". Contribuția matematicii la progresul științei și tehnicii este astăzi unanim recunoscută.

În această carte, o importanță deosebită a fost acordată problemelor cu caracter economic; printre acestea, un rol deosebit îl au planificarea, urmărirea și analiza activității întreprinderilor din toate sectoarele de activitate: transporturi, industrial, agricol etc. Scopul principal al activității este realizarea de bunuri materiale suficiente, care să satisfacă nevoile mereu crescinde ale oamenilor muncii, cu minimum de efort și cu maximum de economii. Ca urmare, productivitatea muncii trebuie să crească necontenit, prin introducerea tehnicii noi în procesul de producție, organizarea rațională a activității și ridicarea calificării muncitorilor. În același timp, ca o consecință a creșterii productivității muncii și a altor măsuri care vor conduce la economii de materiale și de manoperă, prețul de cost se va reduce continuu și progresiv, fără a se diminua calitatea produselor și sortimentele.

În vederea caracterizării activității economice se folosesc diverși indicatori; ei intervin ca valori medii, care pot să fie: aritmetice, geometrice, armonice, simple sau ponderate etc.; studiul lor este prezentat în primul capitol. În capitolul următor sînt propuse și rezolvate pe cale elementară, probleme de maxim și minim. Variația procentuală a unui indicator este studiată detaliat în cap. III.

Pentru a se putea urmări evoluția unui fenomen economic au fost studiate și reprezentate graficele unor funcții, cum ar fi: prețul de cost și productivitatea muncii în funcție de producție, variația cheltuielilor de stocare în funcție de volumul stocului ș.a. (cap. IV). O gamă largă de probleme de maxim și minim au fost studiate în cap. V, cu ajutorul derivatelor.

În cap. VI se prezintă aplicații ale calculului integral: aria și volumul corpurilor de rotație, lungimea unor arce de curbă, centrele de greutate ale unor plăci plane ș.a. În cap. VII au fost rezolvate probleme practice de analiză combinatorie, construirea de șabloane pentru croirea pieselor, unele aplicații în topografie, probleme de interpolare și extrapolare (folosind polinomul de interpolare a lui Lagrange) etc. Printre mijloacele care permit efectuarea calculelor cu ușurință sînt nomogramele, care prezintă unele avantaje: sînt ieftine și pot fi folosite cu ușurință chiar de nespecialiști; se pot construi nomograme de mare precizie, pe care citirile se fac cu trei sau chiar cu patru cifre semnificative exacte, ceea ce satisface cu prisosință necesitățile practice cele mai exigente. Construirea și modul de utilizare a unor nomograme simple se prezintă în cap. VIII.

O atenție deosebită a fost acordată problemelor de optimizare care se pot rezolva prin metodele programării liniare (cap. IX). Se expune metoda simplex și se dă interpretarea geometrică a soluțiilor admisibile și a soluțiilor optime. Problema transporturilor (folosind metodele devenite clasice), verificarea optimalității și îmbunătățirea soluției, a fost prezentată cu numeroase exemple numerice, în cap. X. Dată fiind importanța mereu crescîndă a metodelor cercetării operaționale, în ultimul capitol s-au introdus cîteva metode elementare de teoria grafurilor.

Algoritmii prezentați în această carte sînt simpli și ușor accesibili; ei permit soluționarea a numeroase probleme din cele mai diferite domenii de activitate, folosind determinarea drumului de valoare sau de lungime optimă (maximă sau minimă), a fluxului maxim, a drumului critic ș.a.

Utilizarea în măsură mare a matematicii la rezolvarea unor probleme practice, atestă importanța acestei discipline, despre care marele Gauss afirma pe bună dreptate că este „regina științelor". De fapt, este dificil să afirmăm ce trebuie să admirăm mai mult: utilitatea sau frumusețea matematicii, deoarece ea este tot atît de utilă pe cît este de frumoasă. Și să nu se uite un aspect esențial: de matematică te poți îndrăgosti la orice vîrstă.

Constantin I. Staicu

Din sumarul revistelor*

BENANTI, A. ș.a. Analizarea defectelor de funcționare a turbogeneratorului și comportamentul acestuia la vibrații (Analysis of Turbogenerator Operation Defects on the Basis of Their Vibratory Behaviour). L'Energia Elettrica, supliment la nr. 10, 1982.

GREATHEAD, S. H. și SLOCOMBE, M. Investigații efectuate asupra instabilității dinamicii rotorului în funcție de putere la rotorul de înaltă presiune al unui turbogenerator mare (Investigations into Output Rotordynamic Instability of the High Pressure Rotor on a Large Turbogenerator), L'Energia Elettrica, supliment la nr. 10, 1982.

ARRUDA, J.R.F. ș.a. Condiționarea comenzii la turbinele mari Francis și la generatoarele din cadrul unor centrale hidroelectrice (Condition Monitoring of Large Francis Turbines and Generators on Hydro Power Stations). L'Energia Elettrica, supliment la nr. 10, 1982.

VUCETIC, A. ș.a. Mărimea unui grup de turbogeneratoare și vibrațiile admisibile (The Size of a Turbo-Generating Set and Permissible Vibrations). L'Energia Elettrica, supliment la nr. 10, 1982.

CHALKO, T. și MARYNOWSKI, K. Vibrațiile și vitezele critice ale turbopompelor imersibile (Vibrations and Critical Speeds of Submersible Turbine Pumps). L'Enerhai Elettrica, supliment la nr. 10, 1982.

CADEDDU, M. ș.a. Problema vibrațiilor la mașinile rotative mari: cîteva cazuri prezente în centralele electrice ale rețelei ENEL (Vibration Problems on Large Rotating Machinery: Some Cases Experienced in Enel Power Stations). L'Energia Elettrica, supliment la nr. 10, 1982.

ZARZER, A. Model adaptiv de regresie pentru prevederile sarcinii zilnice (Ein adaptives Regression-Prognosemodell zur Tageslastprognose), ÖZE, 36, nr. 1, 1982.

SUST, A. Decret referitor la proba de calificare pentru pregătirea și organizarea anumitor lucrări care se efectuează sub o tensiune superioară lui 1 kV (Verordnung über den Nach-

* Rubrică întocmită de O.I.D.E. — ICEMENERG.

Weis der Fachkenntnisse für die Vorbereitung und Organisation von bestimmten Arbeiten unter elektrischer Spannung über 1 kV), ÖZE, 36, nr. 1, 1983.

SCHENNER, R. ş.a. Analiza influenţei datelor anterioare asupra prevederilor pe termen lung ale consumului de energie electrică (Analyse des Einflusses der Daten aus der Vergangenheit auf langfristige Strombedarfsprognosen), ÖZE, 36, nr. 1, 1983.

HARHAMMER, P. G. şi PRANGER, S. Durata de execuţie a modelelor de planificare a exploatării energetice (Rechnerlaufzeiten energetischer Betriebsplanungsmodelle), ÖZE, 36, nr. 2, 1983.

WADDINGTON, J. şi MAPLES, G. C. Sistemele de reglaj la centralele electrice care funcţionează cu cărbune şi ţiţei (The Control of large coal- and oil-fired generating units). CEGB Research, nr. 14, 1983.

WILLIAMS, A. H. şi WADDINGTON, J. Metode noi de reglare automată a cazanelor CEGB (New automatic control strategies for CEGB boilers) CEGB Research, nr. 14, 1983.

BRANSBY, M. L. ş.a. Utilizarea microprocesoarelor în funcţionarea centralelor electrice (Microprocessors in power-station operation) CEGB Research, nr. 14, 1983.

MAPLES, G. C. ş.a. Programe pe calculator pentru reglarea centralelor electrice (The programming of computers for the control of power-station plant) CEGB Research, nr. 14, 1983.

IARIA, L. Controale şi probe efectuate în vederea verificării garanţiei prezentate de componentele instalaţiilor termice. Orientări actuale pentru normativele de omologare (Controlli e prove per l'accertamente dell'affidabilità dei componenti degli impianti termici. Orientamenti attuali per la normativa di omologazione). La Termotecnica, nr. 1, 1983.

CARRARA, G. şi YAKOV, S. Evaluarea statistică a metodelor de testare dielectrică (Statistical evaluation of dielectric test methods). L'Energia Elettrica, nr. 1, 1983.

FAGA, L. ş.a. Sistem de măsurare cu ajutorul microprocesorului pentru reţelele electrice de medie tensiune (Sistema di misura a microprocessore per reti elettriche a media tensione). L'Energia Elettrica, nr. 1, 1983.

BIANCHI, F. ş.a. Recente experienţe de laborator şi de funcţionare efectuate asupra izolatoarelor cu pereche dublă în Italia (Recent laboratory and field experiences on composite insulators in Italy). L'Energia Elettrica, nr. 1, 1983.

BRECHT, CHR şi HOFFMANN, G. Gazeificarea cărbunelui. Tabloul dezvoltării în Germania şi în străinătate în acest domeniu şi procedeele utilizate la scară industrială (Vergasung von Kohle — Eine tabellarische Übersicht der in- und ausländischen Entwicklungen sowie der grosstechnisch eingesetzten Verfahren). Gas Wärme International) vol. 32, nr. 1, 1983.

BÖDEKER, G. Recuperarea căldurii în domeniul tratamentului termic şi al formării la cald (Wärmerückgewinnung im Bereich der Wärmbehandlung und Formgebung). Gas Wärme International, vol. 32, nr. 1, 1983.

LUTH, E. Optimizarea transmiterii căldurii şi pierderii de presiune în canalele de fum ale cazanelor încălzite cu gaze (Die Optimierung von Wärmüebergang und Druckverlust in den Heizzügen gasgefeuerter Kessel), Gas Wärme International, vol. 32, nr. 1, 1983.

SCHOEN, E. Exploatarea mai rentabilă a cuptoarelor de forjă încălzite cu gaz (Wirtschaftlicherer Betrieb gasbeheizter Schmiedeöfen), Gas Wärme International, vol. 32, nr., 1983.

BACHONKO, F. Cazane cu focare cu pat fluidizat (Chaudieres a foyers a lit fluidise), Technique Polonaise, nr. 4, 1982.

WOJCIECHOWSKI JERZY SWINGTHERM — Nou procedeu de epurare a gazelor arse şi a gazelor industriale evacuate în atmosferă (SWINGTHERM — un nouveau procede d'epuration des fumees et gaz industriels rejetes dans l'atmosphere), Technique Polonaise, nr. 4, 1982.

BLUMENBERG, J. şi BÜRGERMEISTER, T. Centrale pentru producerea combinată a căldurii şi a electricităţii: experienţele dobîndite în urma funcţionării (Unit combined heat and power plants: operative range in industry and operational experiences), BWK, vol. 35, nr. 1—2, 1983.

PITT, R. Pompă de căldură la temperatură înaltă (High — temperature heat pump). BWK, vol. 35, nr. 1—2, 1983.

HLUBEK, W. Experienţă de exploatare a turbinelor mari cu abur (Operational experiences with large steam turbines). BWK, vol. 35, nr. 1—2, 1983.

Oamenii de ştiinţă şi pacea

De la „Această stranie materie" la „Pledoarie pentru viaţă"

Editura Politică, în prestigioasa colecţie „Idei contemporane", care se înscrie ca o sinteză generală a problematicii, doctrinelor şi ideilor pe care astăzi oamenii de ştiinţă ai lumii le pun în discuţie, a publicat două lucrări semnificative: „Această stranie materie" de Alfred Kastler şi „Pledoarie pentru viaţă" de Albert Szent-Györgyi, ambii laureaţi ai Premiului Nobel. Alfred Kastler este un vechi prieten al ştiinţei româneşti şi al oamenilor de ştiinţă români, ca să ne amintim doar de prefaţa-omagiu pe care a scris-o în 1968 la cartea acad. prof. I. Ursu „La Résonence paramagnetique éléctronique".

Ştiinţa în general, în măsura în care este instrument de cunoaştere, este legată de viitorul speciei umane, întrucît prin cercetarea fundamentală a legilor materiei ea poate face posibilă apariţia a noi tehnologii, care la rîndul lor pot asigura viitorul societăţii, progresul social. Astfel, Albert Szent-Györgyi într-unul din articolele sale afirma: „Întreaga industrie şi tehnologie pe care este clădită civilizaţia noastră îşi au originea în cercetarea fundamentală".

În condiţiile contemporane, cercetarea ştiinţifică a depăşit etapa cercetării individuale. Specialistul este integrat într-o mare echipă de lucru în care se face resimţit ritmul disciplinei specifice marii industrii. El este asistat de calculatorul electronic, de inginerul de sisteme, de matematicieni, statisticieni, ingineri electronişti etc. Laboratorul de cercetare ştiinţifică cuprinde, de asemenea, un numeros personal auxiliar de gestionare, întreţinere şi supraveghere a instrumente-

lor și aparatajului din dotare. Laboratoarele moderne de inters prioritar, cum ar fi cele din domeniul energeticii nucleare și al particulelor elementare, se bucură de investiții și dotări ce echivalează „cu bugetele de altădată ale unor țări slab dezvoltate". Aceasta demonstrează că faptul științific concret ridică probleme ce depășesc „teritoriul" laboratorului, în primul rînd probleme ce privesc responsabilitatea morală și socială a creatorului științific, care nu are dreptul de a se considera izolat de fluxul marilor probleme sociale și tehnologice contemporane. El are datoria de a lupta pentru ca faptul științific să fie utilizat exclusiv în scopuri pașnice, pentru rezolvarea problemelor majore ale umanității.

Cei doi laureați ai Premiului Nobel, Albert Szent-Györgyi și Alfred Kastler, atrag atenția asupra responsabilității sociale și politice ce-i revine omului de știință, care este dator să-și impună dreptul de a decide utilizarea rezultatelor muncii sale în scopuri umanitare.

Epoca noastră, care a cunoscut dezastrele celor două războaie mondiale, este confruntată cu o problemă majoră ce privește securitatea internațională, supraviețuirea speciei umane — determinată de irațională cursă a înarmărilor. Oamenii de știință, în primul rînd, nu trebuie nici o clipă să uite că nivelul la care se află astăzi cunoașterea materiei, în stăpînirea tainelor și energiilor pe care le conține, poate determina utilizarea acestora în folosul omenirii, pentru bunăstare și progres, dar în același timp și spre distrugere, spre război, spre catastrofa atomică. Ei trebuie să fie primii care să demonstreze că opțiunea de esență a omenirii este opțiunea pentru viață, pentru pace, pentru progres.

Ambele lucrări, prin concluziile ce se pot desprinde din lectura lor, sînt un argument pentru cercetătorul marxist că frontul înaintat al oamenilor de știință din țările nesocialiste au resimțit ca alienată condiția lor de specialiști ce nu pot decide asupra utilizării rezultatelor muncii lor. Alfred Kastler atrage atenția asupra pericolelor ce pîndesc specia umană prin analiza riguroasă a consecințelor îndepărtate ce rezultă din deciziile actuale ale unor state de a soluționa problema energiei prin utilizarea intensivă a energiei nucleare și neglijarea altor „soluții sănătoase". Concluzia autorului este foarte categorică : „viitorul nu aparține energiei nucleare" întrucît problema utilizării și stocării deșeurilor ce rezultă din exploatarea centralelor nucleare este deschisă. De asemenea, analizînd problema originii speciei umane Alfred Kastler atrage atenția asupra responsabilității ce-i revine acesteia : „dacă ea face în conducerea treburilor sale o greșeală fatală, dacă chiar se dovedește că resursele pe care le-a tras pînă în prezent din pămînt încep să-i lipsească, indiferent ce efort ar face, cine va împiedica deci ca ea să dispară, în timp ce în altă parte alte specii vor izbuti să supraviețuiască?"

Cercetătorul va concluziona : „trebuie să examinăm fără amăgire și în mod obiectiv felul în care se comportă specia umană". Nici unul din fenomenele distructive asupra mediului înconjurător nu trebuie să fie privite ca independente de acțiunea umană, de procesele industriale, de poluare — spune Kastler.

O altă problemă analizată — problema utilizării resurselor alimentare în condițiile inechității și inegalității economice dintre state, dezvăluie instrumentele prin care țările industrializate își vor putea impune situația de state privilegiate — armele atomice. De asemenea, dezvăluie și o soluție „Afară doar dacă țările industrializate nu-și vor da seama de primejdie înainte ca arma atomică să devină singurul lor mijloc de supraviețuire"... Dacă lumea industrială ar accepta să consacre acestui efort (creșterea nivelului de trai în lumea a treia — n.a.) o parte din cele 200 de miliarde (500 în 1981 — n.a.) de dolari înghițiți anual de armament, reușita ar fi posibilă, problemele tehnice putînd fi pe deplin depășite în mai puțin de cincizeci de ani. Deci există o rază de speranță : „o luptă pentru existență în sînul speciei umane este, repet, de ordinul probabilului".

Autorul Alfred Kastler își încheie lucrarea cu o concluzie optimistă „Toate popoarele de pe Pămînt au același drept la existență. Omenirea, dacă ajunge să promoveze solidaritatea, va țîșni departe deasupra unei vieți care nu cunoaște decît conflicte și ură".

Albert Szent-Györgyi pornește în analiza pe care o face epocii contemporane de la o întrebare : „Ce este istoria universală?" Răspunsul cuprinde în el atitudinea umanistă a autorului. „În esență ea este istoria omului, istoria modului cum s-a desprins el din rîndul animalelor și s-a ridicat la starea sa actuală. Printre eroii acestei istorii fascinante se numără o serie de creatori care au făurit noi cunoștințe, au generat noi valori etice, noi frumuseți. Acestei laturi pozitive a istoriei i se opune o latură negativă, distructivă, legată de numele regilor, baronilor, generalilor, dictatorilor, care cu aviditatea și setea lor de putere au purtat războaie, au dus lupte și, nimicind ceea ce au construit alți oameni, au provocat aproape întotdeauna mizerie. Ei sînt eroii acestei istorii pe care în prezent o predăm în chip de istorie universală. Istoria universală pe care o predăm ar trebui să cuprindă duhoarea, gunoiul, insensibilitatea și mizeria epocilor trecute pentru ca în felul acesta să învățăm a prețui progresul și tot ce avem. N-ar trebui să falsificăm istoria, oricum ea are tendința de a se falsifica singură, întrucît numai cei vii se întorc de pe cîmpul de luptă pentru a relata ce s-a petrecut acolo".

Albert Szent-Györgyi dezvăluie mecanismele economice și politice prin care societățile contemporane dezvoltate pot produce mai mult decît pot consuma, care dirijează societatea spre producerea de lucruri inutile, periculoase (armamente) și care astfel generează atitudini, înclinații și comportamente dezumanizante. Soluția propusă este o soluție umanistă, mobilizatoare : „Într-o lume în care proiectilele atomice pot fi lansate în secunde de la un capăt la celălalt al lumii, aceasta echivalează cu sinuciderea"... Pînă la urmă va trebui să muncim mai puțin. Dar atunci ce să facem cu noi înșine?"... „Prin predarea artelor și științei școala deschide perspective infinite mobilizînd interesul societății în direcția vieții intelectuale și artistice și transformînd întreaga existență într-o aventură emoționantă".

Singura valoare care trebuie să fie de neprețuit în ochii omului trebuie să fie, după A. Szent-Györgyi, viața : „Viața este unica și cea mai de preț comoară a noastră, este miezul și esența tuturor lucrurilor. Ea trebuie să constituie punctul de plecare și cel final în orice concepție unitară prin care încercăm să înțelegem existența umană cu toate fenomenele sale, inclusiv războiul". Viața este prin ea însăși atît scop, cît și mijloc și trebuie să fie prețuită, apărată de întreaga specie umană. În această operă uriașă, comună, toate forțele progresiste, în primul rînd tineretul, trebuie să-și aducă prin conlucrare aportul lor, în numele salvgardării vieții tuturor — conchide A. Szent-Györgyi.

Apariția celor două lucrări de mai sus la Editura Politică este justificată în primul rînd prin faptul că ele confirmă, o dată în plus, că opțiunea politică a României socialiste în această problemă de interes general — problema securității internaționale — este o opțiune militantă, progresistă, fundamentată științific. Frontul larg ideologic și științific al țării noastre este profund angajat în opera de apărare a păcii, iar acțiunea UNESCO „Oamenii de știință și pacea" dovedește fermitatea convingerilor politice ale oamenilor de știință români.

Elena Teacă, Tiberiu Cîrstea

Condiţii pentru prezentarea articolelor la revista „Energetica"

1. Articolul să aibă maximum 12 pagini — excepţional 15 pagini — de 2000 semne (format DIN A4, la 2 rînduri).

2. Textul articolului se dactilografiază pe o singură faţă a hîrtiei ; formulele se scriu clar cu simboluri STAS, se numerotează şi se înscriu între paranteze rotunde ; indicaţiile bibliografice se înscriu între paranteze drepte.

3. Figurile se prezintă în tuş pe calc şi o copie xerox ; figurile foto trebuie să fie clare şi cu contrast pronunţat.

4. În textul articolului se indică locul tabelelor şi figurilor.

5. Bibliografia se prezintă în conformitate cu STAS :

— Pentru cărţi : numele autorului, iniţiala prenumelui, titlul cărţii (la cele străine, titlul în original), editura, oraşul, anul.

— Pentru articole : numele autorului, iniţiala prenumelui, titlul (la cele străine, titlul în original), titlul periodicului, tomul, anul, pagina.

6. Tabelele, borderourile figurilor şi bibliografia se dactilografiază pe foi separate.

7. Titlul şi textul articolului trebuie să fie clare şi concise.

8. Articolul trebuie să fie sistematizat ; este obligatorie folosirea de subtitluri cu defalcări chiar pînă la ordinul al treilea ; pentru numerotare se va folosi sistemul zecimal (cifre arabe).

9. Articolul se prezintă în conformitate cu următoarea schemă principială : *introducere* (problematica, oportunitatea articolului), *analiză bibliografică* (stadiul problemei, preocupări în lume), *teoria* (fizic şi matematic), *practica* (industrială, experimente de laborator), *comparaţia teoriei cu practica, concluzii, utilizarea rezultatelor.*

10. Articolul va fi însoţit de un rezumat de 150 cuvinte în limba engleză.

11. Pentru articolele deosebite, redacţia va solicita ulterior autorilor respectivi scurte prezentări de 1000 cuvinte, în vederea publicării lor simultan, în limba engleză.

12. Autorii garantează şi răspund de corectitudinea ştiinţifică a articolelor ; redactarea trebuie să respecte regulile stabilite de Academia R.S.R

13. Corecturile se vor face de către autori în conformitate cu regulile tipografice sau se dau indicaţii pe foi separate.

14. Articolele primite la redacţie nu se înapoiază.

15. Materialele se predau în două exemplare.

16. Articolele se trimit numai semnate de autori ; se vor indica titlurile autorilor şi locurile de muncă.

17. Pentru articolele în legătură cu activitatea de serviciu trebuie să se prezinte aprobarea de publicare din partea conducerii unităţilor respective.

18. Articolele se trimit la redacţia revistei ENERGETICA pe următoarea adresă:

Revista Energetica
ICEMENERG
Bd. Energeticienilor nr. 8
74568 Bucureşti, Sector 3

19. Informaţii suplimentare se pot cere la telefon : 20.67.30/int. 235

ICEMENERG

INSTITUTUL DE CERCETĂRI ŞI MODERNIZĂRI ENERGETICE

BUCUREŞTI, cod 74568. Sectorul III • B-dul ENERGETICIENILOR 8

ACTIVITATEA IN DOMENIUL AEROTERMODINAMICII TURNURILOR DE RĂCIRE

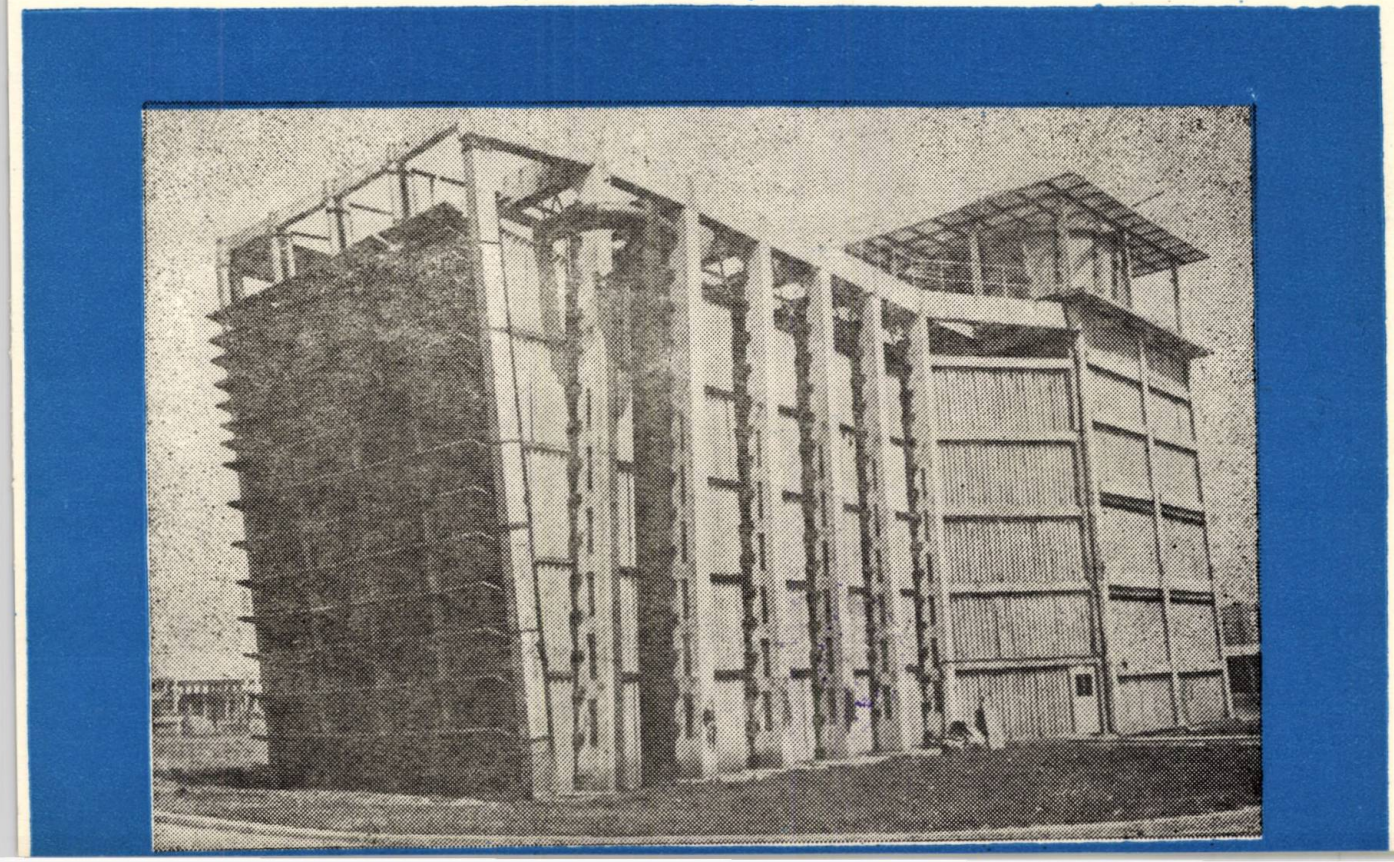
In cadrul ICEMENERG, laboratorul de circuite hidrotehnice efectuează cercetări în domeniul aerodinamicii turnurilor de răcire, iar în colaborare cu cadrele de specialitate ale institutelor politehnice din Bucureşti şi Timişoara realizează studii şi cercetări privind termodinamica şi aerodinamica turnurilor de răcire în contracurent şi curent transversal, în principal a celor cu tiraj natural.

ICEMENERG, laboratorul de circuite hidrotehnice realizează :

- Cercetări de laborator pentru stabilirea cifrelor de transfer termic şi rezistenţă aerodinamică ale diferitelor tipuri de umpluturi (plăci de azbociment, şipci, rulouri din plase de mase plastice etc.), finalizate prin stabilirea de relaţii matematice de generalizare ;
- Cercetări pentru diferite tipuri de sisteme de dispersie a apei şi de reţinători de stropi ;
- Cercetări aerodinamice pe modele de ansamblu ale turnurilor de răcire finalizate prin relaţii generale de calcul al rezistenţei aerodinamice totale ;
- Studii pentru stabilirea metodelor de calcul termic caracterizate prin programe de dimensionare şi verificare ;
- Măsurători de cercetare pe staţia pilot pentru turnuri în contracurent şi curent transversal şi pe turnuri în funcţiune pentru verificarea datelor de laborator şi a programelor de calcul şi stabilirea eventualilor coeficienţi de trecere laborator-natură aplicabili la calculele de dimensionare ;
- Cercetări necesare introducerii pe scară largă a umpluturilor din mase plastice mai eficiente atît din punctul de vedere al performanţelor cît şi al energiei înglobate (comportarea mecanică sub sarcină, comportarea sub acţiunea impurităţilor mecanice şi biologice conţinute în apa de circulaţie, comportarea la foc etc.).

Pe baza cercetărilor realizate, aplicabile la orice tipuri şi capacităţi ale turnurilor de răcire, au fost întocmite numeroase proiecte pentru turnuri de răcire din centrale termoelectrice, industria chimică şi rafinării din ţară şi străinătate.

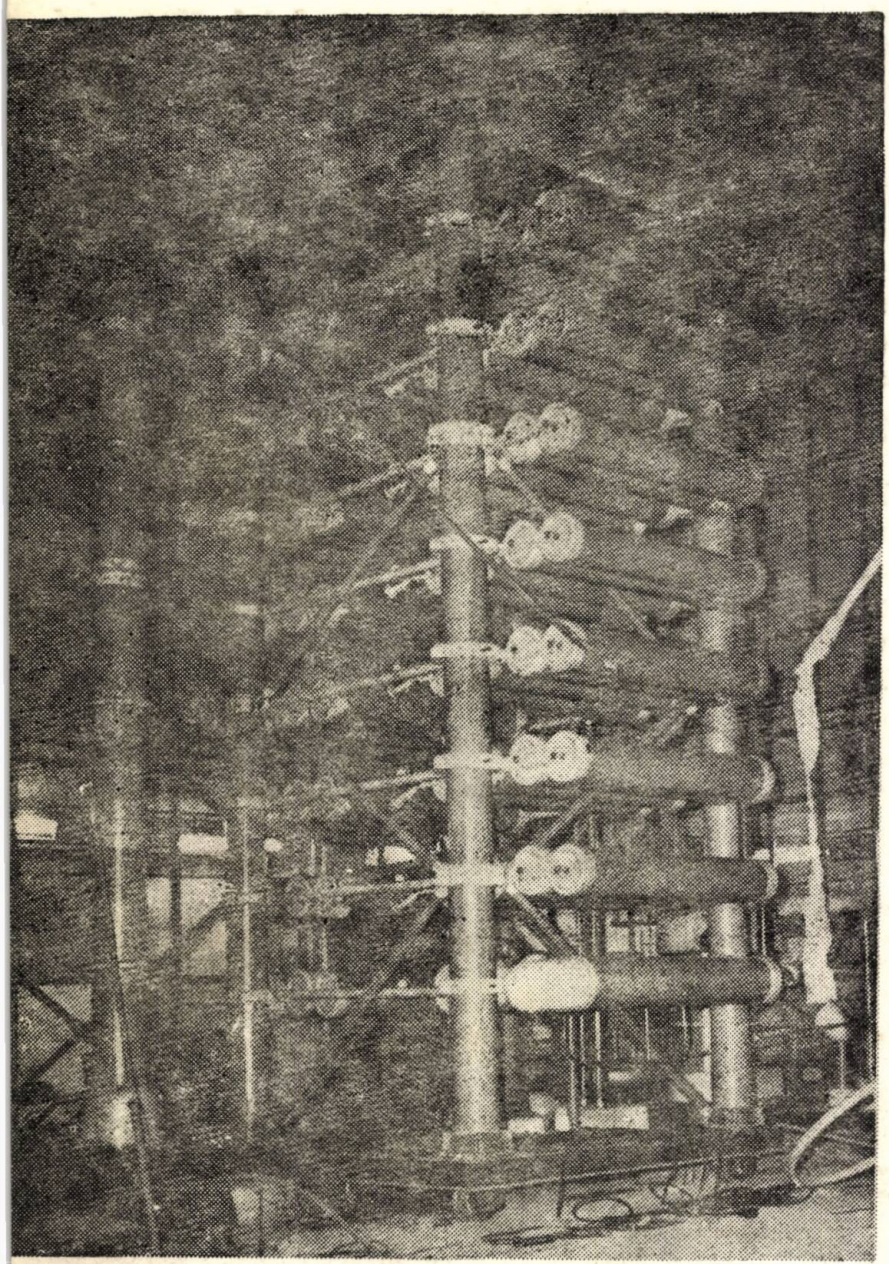
Activitatea de cercetare se extinde în domeniul turnurilor de răcire uscate, existînd deja studii tehnico-economice şi rezultate experimentale preliminare.



ICEMENERG

INSTITUTUL DE CERCETĂRI ȘI MODERNIZĂRI ENERGETICE

BUCUREȘTI, cod 74568, Sectorul III • B-dul ENERGETICIENILOR 8



ICEMENERG, prin secţia de cerce tare şi inginerie tehnologică pentru "Echipament energetic şi materiale (SEM), execută :

- Imbunătăţirea echipamentului existent în exploatare ;

- Urmărirea păstrării sau ameliorarea caracteristicilor de fiabilitat a echipamentului electroenergetic în curs de asimilare ;

- Realizarea de echipamente de în cercare la înaltă tensiune pentru dotarea IRE-urilor şi ICE-urilor ;

- Tehnologii de încercare şi încercări propriu-zise, care să reproducă cît mai fidel solicitările care apar în exploatare.

1983 DEC 1

2039

Victor Ener.
REFERATIVA

MW

7-8

energetica

VOLUMUL XXXI
BUCUREŞTI
IULIE—AUGUST 1983

0 6 12 18 24

ICEMENERG

INSTITUTUL DE CERCETĂRI
ŞI MODERNIZĂRI ENERGETICE

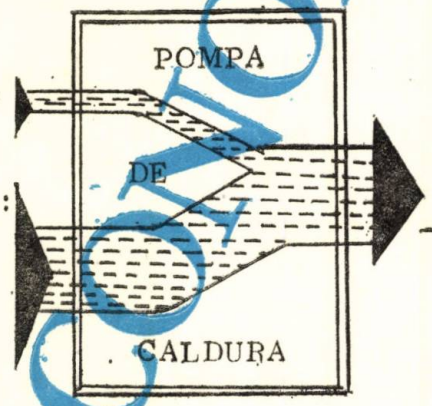
BUCUREŞTI Sect. III ● B-dul ENERGETICIENILOR, 8 ● Tel. 21.46.30

energia risipita în procese termice poate fi transformata în:

* ECONOMIE DE COMBUSTIBIL
* AVANTAJE ECONOMICE
* SUBSTITUIRI DE HIDROCARBURI
* REDUCERI ALE POLUARII

utilizînd

POMPE DE CĂLDURA



Energie de antrenare

Surse reziduale valorificabile :
- ape industriale de răcire
- ape tehnologice evacuate
- ape geotermale uzate
- aer viciat evacuat

Utilizări :
- apă caldă (55 °C)
- încălzirea clădirilor (80 °C)

Capacităţi unitare ale pompelor de căldură :

0, 03 ; 0, 1; 0, 2; 0, 315; 0, 63; 2, 5; 5, 0 Gcal/h, în fabricaţie de serie la (TEHNOFRIG CLUJ-NAPOCA)

6, 3 Gcal/h, cu turbocompresor, în curs de asimilare.

NOU! ECONOMIC! EFICIENT!

Secţia de Tehnologii pentru Conversia surselor Revalorificabile şi Refolosibile execută pentru dumneavoastră :

I nventarierea şi evaluarea potenţialului surselor valorificabile şi a utilizatorilor.

C ercetări pentru concepţia soluţiilor de schemă în cazuri concrete de aplicare.

E laborarea studiilor de oportunitate pentru situaţiile concrete de aplicare.

M odele şi tehnologii de calcul pentru optimizarea funcţionării instalaţiilor.

E xpertize şi asistenţă tehnică în fazele de proiectare-realizare a instalaţiilor.

N ormative şi prescripţii tehnice pentru proiectarea şi exploatarea instalaţiilor.

E xperimentări şi măsurători pentru verificarea performanţelor instalaţiilor realizat

R aţionalizări prin stabilirea regimurilor optime de exploatare a instalaţiilor.

G ame diversificate de consultaţii tehnice legate de aplicarea acestei tehnologii.

ENERGETICA

ORGAN AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ŞI AL CONSILIULUI NAŢIONAL AL INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN REPUBLICA SOCIALISTĂ ROMÂNIA

SUB ÎNDRUMAREA CONSILIULUI ŞTIINŢIFIC AL INSTITUTULUI CENTRAL DE CERCETĂRI ENERGETICE

COLEGIUL DE REDACŢIE

Dr ing. **Gh. Bălan** (redactor responsabil adjunct)
Ing. **P. Cartianu**
Ing. **L. Cernuşen**
Ing. **M. M. Dănellă**
Ing. **H. Furtunescu**
Ing. **N. Georgian**
Dr. ing. **Gh. Lucu**
Dr. chim. **Maria Maftei**
Dr. ing. **G. Manolescu**
Ing. **B. Marcu**
Ing. **I. Mălureanu** (redactor responsabil adjunct)
Dr. ing. **Călin Mihăileanu** (redactor responsabil)
Prof. dr. doc. ing. **V. I. Nitu**
Dr. ing. **E. Pavel**
Dr. ing. **T. Popa**
Dr. ing. **C. I. Stalcu** (secretar redacţie)

Revista „Energetica" este publicaţie lunară devotată preocupărilor spirituale şi realizărilor materiale în domeniul energeticii

Redacţia şi administraţia:
Bucureşti 74568. Bd. Energeticienilor 8, Sector 3
Telefon: 20 67 30, 21 46 30

ANUL 31 **7–8** IULIE-AUGUST 1983

Cuprinsul

O. Ţuţuianu

Aspecte privind acumularea căldurii sub formă de apă fierbinte în istalaţiile de producere a energiei electrice şi termice 305–310

I. D. Suceveanu

Separarea automată de SEN a sistemelor uzinale cu CET propriu din industria chimică 310–317

G. Chercea, A. Roşu, G. Poenaru

Insuflarea aerului terţiar în pînia rece — procedeu de micşorare a pierderilor de căldură la cazanele de abur pe lignit 318–323

N. Armencioiu, M. Stein, Gh. Vîlcereanu

Contribuţii la perfecţionarea criteriilor de dimensionare a rezervei de putere pentru avarii în sistemele electroenergetice (cu prezentare în limba engleză) 324–334

C. Moldoveanu, V. Mănăţiu

Consideraţii privind defectoscopia prin metoda impulsurilor de joasă tensiune şi metoda analizei răspunsului în frecvenţă la transformatoarele de putere după solicitări la scurtcircuit în laborator sau în sistem 334–341

H. Cristea

Identificarea experimentală a modelelor SRAV la turbinele K-125-141 342–345

Gh. Voicu, Cr. Tănţăreanu, V. Vlad, M. Tudor

Opţiuni şi perspective ale utilizării forţei vîntului în scopul producerii energiei electrice 345–356

PUNCTE DE VEDERE

V. Nogali, I. Ştirbulescu

Aspecte privind extinderea utilizărilor de substituţie ale energiei electrice 356–358

INVENŢII — INOVAŢII 358–359

NOUTĂŢI TEHNICO — ŞTIINŢIFICE 360–362

CRONICA 362–367

CENTENAR DIMITRIE LEONIDA 367–368

RECENZII 368–372

DIN SUMARUL REVISTELOR 372–373

Revista „Energetica" este editată cu concursul permanent dat de :

chim. **Eleonora Ataman**
dr. ing. **J. Constantinescu**
ec. **Ana Dobre**
ing. **T. Dragomir**
ing. **Angela Perea**
dr. ing. **M. Pomârleanu**
dr. ing. **Gh. Popa**
ing. **A. Roşu**
ing. **V. Ruginâ**
ing. **I. Turcu**

În revista ENERGETICA se publică :

Articole

Informaţii referitoare la : publicaţii recente (cărţi, reviste), noutăţi ştiinţifice şi tehnice, invenţii şi inovaţii, experienţă de exploatare, realizări tehnice remarcabile, manifestări tehnico-ştiinţifice naţionale şi internaţionale (congrese, conferinţe, simpozioane), titluri de articole de specialitate din alte reviste.

Materiale diverse : cronici, recenzii, discuţii la articolele publicate, puncte de vedere ale autorilor, concluziile discuţiilor în jurul meselor rotunde

Revista ENERGETICA este editată şi administrată de Institutul de cercetări şi modernizări energetice — ICEMENERG.

M. David — şeful Oficiului de informare documentară pentru energetică

ANA MARIA CHIVU — redactor

Instituţiile pot achita abonamentele în contul de virament. nr. 30.11.8.01.01. — BN R.S.R. Fil. sect. 3. Costul unui abonament : 144 lei anual ; costul unui exemplar : 12 lei.

Cititorii din străinătate se pot abona la ILEXIM, Departamentul Export—Import Presă, P.O.Box 136—137, telex : 11226, Bucureşti, str. 30 Decembrie, nr. 3.

Tiparul : Întreprinderea poligrafică „Informaţia", Bucureşti, str. Brezoianu 23—25 c 1406.

41 014

ANNOUNCEMENTS FOR READERS ABROAD

- **The review „Energetica" can send on request from publications abroad reports translated in one of the worldwide spoken languages**
- **The review „Energetica" proposes a publication exchange with similar reviews and in relating fields**
- **The review „Energetica" provides and publishes or introduces books on energy received at the editorial office. Reviews and presentations of books sent on this purpose to the editorial office can be published as well**
- **The review „Energetica " publishes on request from authors abroad reports on energy or other materials : technical and scientific news, inventions-innovations, information about technical and scientific symposia, etc. written in one of the worldwide spoken languages**

СОДЕРЖАНИЕ

О. Цуцуяну: **Аспекты относительно аккумулирования тепла в виде горячей воды на установках по производству электрической и тепловой энергии.** 305—310

И. Д. Сучевяну: **Автоматическое отделение Национальной Энергетической Системы заводского профиля с собственной теплоэлектростанцией от химической промышленности.** 310—317

Г. Керчеа, А. Рошу, Г. Поенару: **Вдувание третичного воздуха в холодную воронку — процесс снижения потерь тепла на паровых котлах на лигните.** 318—323

Н. Арменкою, М. Штейн, Г. Вылчеряну; **Вклады в усовершенствование критериев определения размерности запасов мощности в случае аварий в электроэнергетической системе (с изложением на английском языке)** 324—334

К. Молдовяну, В. Мэницуу: **Соображения, касающиеся дефектоскопии посредством метода импульсов низкого напряжения и методом анализа частотного ответа мощных трансформаторов после испытания на короткое замыкание в лаборатории или системе.** 334—341

Х. Кристя: **Экспериментальное определение моделей САРВ на турбинах К-125-141.** 342—345

Г. Войку и др.: **Выборы и перспективы использования силы ветра для производства электрической энергии.** 345—356

ТОЧКИ ЗРЕНИЯ 356—358

ИЗОБРЕТЕНИЯ-НОВАТОРСТВА 358—359

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ НОВОСТИ 360—362

ХРОНИКА 362—367

РЕЦЕНЗИИ 368—372

ИЗ СОДЕРАЖНИЯ ЖУРНАЛОВ 372—373

INHALTSVERZEICHNIS

O. Tuțuianu: **Aspekte der Wärmespeicherung als Heisswasser in den Anlagen zur Erzeugung der Wärme—und Elektroenergie** 305—310

I. D. Sucevеanu: **Die automatische Abscheidung der Industriesystemen mit eigenem Wärmekraftwerk aus der chemischen Industrie von dem Nationalenergiesystem** 310—317

Gh. Chercea u.a.: **Einblasen der Tertiärluft in den kalten Trichter — Verfahren zur Verminderung der Wärmeverluste bei den lignitgefeuerten Dampfkesseln** 318—323

N. Armencoiu u.a.: **Beiträge zur Verbesserung der Dimensionierungskriterien der Kraftreserve für Störungen in den Elektroenergiesystemen** (mit einem Kommentar in Englisch) 324—334

C. Moldoveanu und V. Mănițiu: **Betrachtungen über die Werkstoffprüfung anhand der Methode der Tiefspannungsimpulse und der Methode des Frequenzansprechens bei Grosstrafos nach Kurzschlussbeanspruchungen im Labor oder im System** 334—341

H. Cristea: **Die experimentelle Identifizierung der SRAV-Modelle für die Turbinen vom Typ K-125-141** 342—345

Gh. Voicu u.a.: **Optionen und Aussichten für die Anwendung der windkraft zur Erzeugung der Elektroenergie** 345—356

GESICHTSPUNKTE 356—358

ERFINDUNGEN-ERNEUERUNGEN 358—359

TECHNISCH-WISSENSCHAFTLICHE NEUIGKEITEN 360—362

CHRONIK 362—367

REZENSION 368—372

AUS DEM INHALTSVERZEICHNIS ANDERER ZEITSCHRIFTEN 372—373

SOMMAIRE

O. Țuțuianu: **Aspects concernant l'accumulation de la chaleur sous la forme de l'eau chaud dans les installations de production d'énergie électrique et thermique** 305—310

I. D. Sucevеanu: **Séparation automatique du SEN des systèmes à CET propre de l'industrie chimique** 310—317

G. Chercea, A. Roșu, G. Poenaru: **Insufflation d'air tertiaire dans la trémie froide—procédé de réduction des pertes de chaleur aux chaudières à lignite** 318—323

N. Armencoiu, M. Stein, Gh. Vâlcereanu: **Contributions au perfectionnement des critères de dimensionnement de la marge de puissance pour les avaries des systèmes électroénergétiques** (présentation en anglais) 324—334

C. Moldoveanu, V. Mănițiu: **Considération concernant la défectoscopie par la méthode des impulsions de basse tension et par la méthode de l'analyse du réponse au fréquence aux transformateurs de puissance après les sollicitations au court-circuit tant en laborateur que dans le système** 334—341

H. Cristea: **Identification expérimentale des modèles SRAV aux turbines K-125-141** 342—345

Gh. Voicu ș.a.: **Option et perspectives de l'utilisation de la force du vent dans le but de produire de l'énergie électrique** 345—356

POINTS DE VUE	356—358
INVENTIONS — INNOVATIONS	358—359
NOUVEAUTÉS TECHNICO-SCIENTIFIQUES	360—362
CHRONIQUES	362—367
COMPTES RENDUES	368—372
LA REVUE DES REVUES	372—373

S U M M A R I E S

DC 621.3.0.16.4 + 621.1.01 :66.012

Țuțuianu, O.: **Aspects Regarding Heat Storage, as Hot Water, in Electric and Thermal Energy Generation Facilities**

The paper presents the main fields susceptible to heat storage in large capacity systems under the conditions existing in Romania. Solutions for including hot water heat accumulators in the thermal circuits of thermal, district heating and nuclear power plants are presented. Aspects regarding technical and economic data of the installations equipped with such accumulators are revealed.

Energetica 31 (1983), nr. 7—8, p. 305—310

DC 621.311 : 621.311.22/23

Suceveanu, I. D.: **Automatic Decoupling from the National Power System of Electrical Industrial Systems with Own Heating and Power Station of the Chemical Industry**

The paper presents specific problems of the automatic decoupling from the national power system of the heat and power stations of chemical plants, the optimum electrical diagram and the criteria of decoupling, the automatic decoupling device components and three practical applications at three different electrical industrial systems.

Energetica 31 (1983), nr. 7—8, p. 310—317

DC 621.311.18 : 66.012

Chercea, Gh. a.o.: **Blowing Tertiary Air into the Cold Funnel — A Device for Decreasing Heat Losses at Lignite Burning Steam Boilers**

The first procedure studied with the Energy Research and Modernizing Institute (ICEMENERG) to decrease heat losses by mechanically incomplete burning at lignite burning boilers has been the blowing of tertiary air into the cold funnel. The paper presents the results of tests carried out on the boilers from the electric power plant Işalnița, the thermal power plants Rovinari and Turceni equipped with such installations. At present the tertiary air blowing installations are accompanying the secondary burning grates.

Energetica 31 (1983), nr. 7—8, p. 318—323

DC 621.311.161 ;621.311.151.004.64

Armencoiu, N., Stein, M. and Vâlcereanu, Gh.: **Contributions to the Dimensioning Criteria Improvement of the Power Reserve for Power System Breakdowns**

The paper presents some points of view about some specific aspects to consider at the dimensioning of the installed power level in a power system. The existing correlations between the selective consideration of the value of damages produced by electric power supply breakdowns and by the installed units availability failures are presented.

Energetica 31 (1983), nr. 7—8, p. 324—334

DC 621.314.2 : 621.3.064.1

Moldoveanu, C. and V. Mănițiu: **Considerations Concerning Defectoscopy Through the Low Voltage Impulse Method and the Frequency Response Analysis Method in High Power Transformers Resulting from Laboratory or Field Short-Circuit Stresses**

Traditional methods of short-circuit defectoscopy of power transformers, as specified by standards and the IEC Publication No. 76 are being recently gradually replaced by rather more sensible methods based on the application of low voltage impulses and on the analysis of the frequency response.

Still, due to obtain unsolved pronlems generally accepted criteria, based on the above-mentiboed methods, have not yet been established.

Among the unsolved problems, those referring to the influence on defectoscopy of the dispersion magnetic field modification, when untanking an investigated transformer, of the winding temperature variation, of the impulse measuring circuit and of the selected terminal combination to determine frequency characteristic have been studied by the authors of the present paper, paper describing personal experimental results.

Energetica, 31 (1983), nr. 7—8, p. 334—341

DC 621.11.22/23 : 621.165

Cristea, H. : **The Experimental Identification of SRAV Models with the Turbines K-125-141**

The paper presents results of load dropping at the 125 MW units of the electric power plant București Vest. The regime values measurements and registrations during the transient regime have been used in the paper for the experimental identification of the system model. The response method for deterministic test signals has been used for determining the transfer function. Finally, the Speed Control System Model (SRAV) which can be used in calculating the national power system regimes, having parameters adapted to the data bank of the national energy dispatcher is presented.

Energetica 31 (1983), nr. 7—8, p. 342—345

DC 621.3.016.4.002.2

Voicu, Gh. a.o. : **Options and Perspectives of Using the Wind Force for Energy Generation**

The paper enumerates the internationally most representative achievements and refers then to the program proposed for implementation in Romania, where the generation potential exceeds 20 TWh/year.

Referring to the first program stage the experience obtained with an experimental 20 kW installation located in the severe climatic conditions of a mountain crest at an altitude of 1900 m.

The future R&D directions are pinpointed, the immediate objectives being : the construction of an orizontal axis three blade airgenerator of 100 kW for operation at high altitudes, the building of specific equipment for wind energy measurements, plant studies.

Energetica 31 (1983), nr. 7—8, p. 345—356

POINTS OF VIEW	356—358
INVENTIONS—INNOVATIONS	358—359
TECHNICAL AND SCIENTIFIC NEWS	360—362
CHRONICS	362—367
REVIEW	368—372
FROM THE SUMMARIES OF FOREIGN REVIEWS	372—373

Aspecte privind acumularea căldurii sub formă de apă fierbinte în instalațiile de producere a energiei electrice și termice*

Ing. O. Țuțuianu**

În condițiile lumii actuale, caracterizată printr-o continuă „foame cantitativă și calitativă de energie" care este din ce în ce mai dificil de satisfăcut în timp și spațiu din resurse clasice neregenerabile, o problemă oportună și cu efecte complexe o constituie acumularea (stocarea) energiei.

Dintre principalele efecte ale creării și utilizării stocurilor de energie menționăm:

— mai buna folosire a surselor;
— compensarea cerințelor;
— majorarea fiabilității;
— substituția surselor de vîrf;
— protecția mediului ambiant;
— îmbunătățirea randamentului energetic general;
— adaptarea economică pe termen lung [1].

Stocarea energiei, în special a energiei termice (a căldurii), constituie o temă prezentă tot mai activ în programele de cercetare ale țărilor avansate [4] [3], preocupările fiind axate pe următoarele direcții de bază:

— cercetări tehnologice pentru realizarea de materiale, procedee și instalații de acumulare eficiente;

— studii energetice pentru dimensionarea rațională a stocurilor (cu luarea în considerație și a efectelor pe linia fiabilității asupra surselor și consumatorilor) și amplasarea optimă a acestora în cadrul sistemelor de alimentare centralizată cu căldură.

Potrivit condițiilor din țara noastră, acumularea căldurii în sisteme de mare capacitate se dovedește interesantă și eficientă în următoarele domenii:

— pentru acoperirea, în condiții de economicitate și siguranță sporite, a variațiilor de sarcină electrică și termică în sistemul electroenergetic național și respectiv în sistemele de alimentare centralizată cu căldură;

— pentru recuperarea, în modul cel mai eficient, a resurselor energetice rezultate din procesele tehnologice industriale, care se irosesc în multe cazuri din lipsă de consumatori la momentul și în locul unde acestea sînt disponibile;

— pentru folosirea unor surse noi (energie solară, geotermică și altele), care se pierd dacă nu sînt utilizate atunci cînd sînt disponibile și pentru care nu se pot realiza instalații de conversie cu o funcționare rațională, fără acumulare.

Abordarea problemei acumulării căldurii în cadrul primului domeniu menționat mai sus necesită o tratare sistemică, cu analizarea posibilităților și consecințelor amplasării stocurilor la nivelul fiecărui element component: instalații de producere, instalații de transport și distribuție și instalații de utilizare.

Prezenta lucrare își propune să trateze unele aspecte privind acumularea căldurii sub formă de apă fierbinte la nivelul surselor de producere a energiei electrice și termice.

1. Acumularea căldurii în CTE

Acumulări de căldură sub formă de apă fierbinte, pentru perioade foarte scurte (minute) au loc în circuitul termic, în rezervorul apei de alimentare și în cazanele de abur cu tambur cu care sînt echipate multe termocentrale.

Acestea ajută la preluarea unor regimuri tranzitorii, ușurînd condițiile de lucru ale reglajului și desensibilizînd cazanele de abur.

Acumulări de căldură pe durate mai mari (de ordinul orelor), obținute prin introducerea unor rezervoare suplimentare în circuitul termic al turbinelor de condensație, permit mărirea puterii electrice produse la vîrf, fără consum suplimentar de combustibil în cazanele de abur. Potrivit soluției (4) prezentată în figura 1, în perioada de scădere a sarcinii electrice, apa rece din rezervorul (5) intră, împreună cu condensatul principal, în grupa de preîncălzitoare (4), unde se încălzește pînă la temperatura stabilită. În acest mod, crește debitul de abur prelevat la prizele fixe ale turbinei. Surplusul de abur de la prizele fixe este folosit pentru încălzirea apei introdusă în acumulatorul (6).

În timpul vîrfului de sarcină electrică, apa stocată în acumulator este dirijată pentru alimentarea cazanului de abur, iar surplusul de condensat rezultat este introdus în rezervorul (5).

Introducerea acumulatoarelor de căldură în CTE care folosesc combustibil solid asigură o funcționare stabilă, fără variații mari de sarcină ale cazanelor de abur, cu consecințe pozitive asupra fiabilității instalațiilor.

* Lucrare prezentată la a X-a Consfătuire a termoenergeticii din R.S.R., Brașov, 9—11 decembrie 1982.

** Ing. Ovidiu Țuțuianu este inspector principal de specialitate în Direcția tehnică — M.E.E.

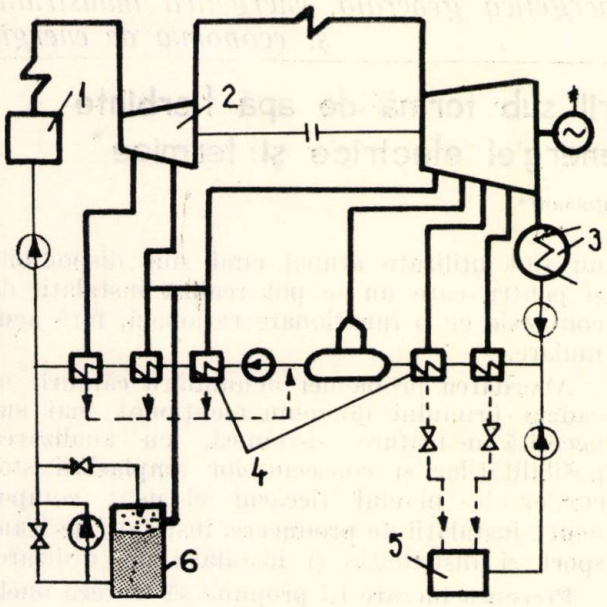


Fig. 1. Schema termică a CTE cu acumulator de căldură: *1 — cazan de abur; 2 — turbină cu abur; 3 — condensator; 4 — sistem de preîncălzire regenerativă; 5 — rezervor de apă rece; 6 — acumulator de căldură.*

Trecerea CTE de pe păcură pe cărbune este însoțită de obicei, de reducerea debitelor de abur produse în cazane rămînînd un surplus de putere electrică în turbogeneratoare.

Aplicată în asemenea condiții, acumularea căldurii poate să conducă la o eficiență economică importantă.

2. Acumularea căldurii în CET

Una din soluțiile posibile de încadrare a unui acumulator de căldură în schema CET se prezintă în figura 2.

Potrivit acestei soluții (4), acumulatorul de căldură este cuplat în paralel cu boilerul de termoficare alimentat dintr-o turbină cu contrapresiune.

În timpul funcționării turbinei la sarcini electrice ridicate, se asigură încărcarea acumulatorului (4), iar în perioadele cu sarcini electrice scăzute, acumulatorul se descarcă, asigurînd necesitățile consumatorilor termici.

Totodată, în perioadele de reducere a sarcinii electrice pe turbină, surplusul de abur la prizele preîncălzitoarelor (5) contribuie la încărcarea rezervorului degazorului (6), care se comportă ca un acumulator de căldură, ce se descarcă în perioadele de vîrf de sarcină. Preînclăzirea apei de alimentare pe baza căldurii acumulate permite, ca și în soluția anterioară, acoperirea corespunzătoare a vîrfului de sarcină electrică, fără majorarea consumului de combustibil al cazanului.

Menționăm că, pe lîngă rolul de aplatizare a curbelor zilnice de sarcină termică și electrică,

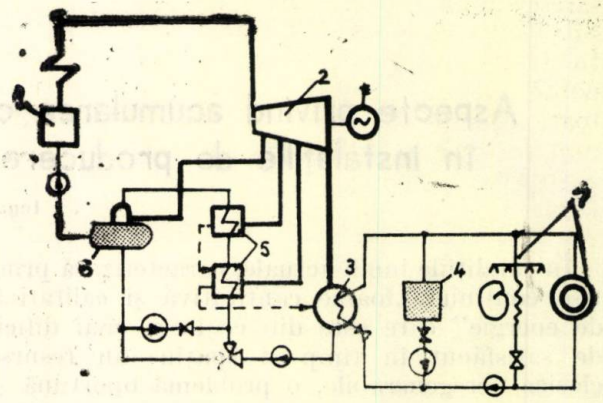


Fig. 2. Schema termică a CET cu acumulator de căldură: *1 — cazan de abur; 2 — turbină cu abur; 3 — boiler de termoficare; 4 — acumulator de căldură; 5 — sistem de preîncălzire regenerativă; 6 — degazor; 7 — consumatori de căldură.*

acumulatoarele de căldură instalate în CET mai pot fi folosite:

— ca înlocuitoare ale cazanelor de apă fierbinte pentru acoperirea sarcinilor de vîrf;

— pentru asigurarea necesarului de consum la sarcină minimă;

— ca rezervă de avarie.

Sistemele de acumulare a căldurii concepute ca putere de vîrf au o eficiență economică superioară cazanelor de vîrf. Astfel, potrivit unor studii în cazul unei instalații din R.F.G., cu un indice de termoficare de 2,5 kWh/kWh (circa 290 kWh/Gcal), raportul dintre energia combustibilului consumat și căldura livrată este de 0,25, pentru instalația de turbine cu abur prevăzută cu acumulare, în timp ce la cazanele de apă fierbinte de vîrf, acesta are valoarea de 1,15. Economia realizată în CET în prima alternativă este de 30 mărci pentru fiecare MWh căldură furnizată, în condițiile unui preț al combustibilului de 33 mărci/MWh.

La o capacitate de calcul a acumulatorului de 2% din necesarul anual de căldură al sistemului de termoficare și un coeficient de termoficare de 0,4—0,6, livrarea anuală de căldură din instalația de acumulare revine la circa 13%, livrarea căldurii din cazanele de vîrf se reduce pînă la 3—5%, iar puterea termică instalată se diminuează pînă la jumătate.

Instalația prevăzută cu un acumulator de căldură avînd o capacitate de 250000 m^3, permite obținerea unei economii anuale de 0,5 mil. mărci [5].

3. Acumularea căldurii în CNE

La fel ca în cazurile tratate anterior și în cadrul CNE se poate acumula căldura sub formă de apă caldă, în timpul perioadelor de

sarcină redusă, pentru ca apoi să se restituie sub formă de energie electrică la orele de vîrf. În acest mod generatorul de abur (reactorul) poate funcționa constant la plină sarcină cu toate consecințele pozitive sub aspectul siguranței și economicității exploatării.

Din multitudinea soluțiilor posibile, unele studii [6] iau în considerare sistemele de stocaj termic prezentate în tabelul 1.

Tabelul 1

Sisteme posibile de stocaj termic în CNE

a) Stocajul apei de alimentare	b) Stocajul apei calde cu turboagregat auxiliar	
— Stocaj la presiune înaltă	— Extragere de abur din rezervorul de stocaj	cu laminare fără laminare
— Stocaj la presiune joasă < 15 bar	— Extragere de apă din rezervorul de stocaj	cu reducerea presiunii într-o treaptă cu reducerea presiunii în mai multe trepte
— Stocaj la înaltă și joasă presiune		
↓ Combinații ale celor două sisteme Sisteme operînd prin cuplaj		

Stocajul apei de alimentare la presiune înaltă nu este rentabil. Acest procedeu este inferior din punct de vedere tehnico-economic stocajului la joasă presiune, deoarece, pe de o parte, nu permite o creștere a puterii electrice, iar pe de altă parte necesită un rezervor pentru circa 60 bar, foarte costisitor, în comparație cu cel de circa 15 bar, aferent stocajului la joasă presiune.

O sinteză a comparației calitative între sistemul de stocaj al apei de alimentare și cel operînd prin cuplaj este prezentată în tabelul 2.

Tabelul 2

Comparația calitativă a sistemelor de stocaj termic

Sistemul de stocaj	Avantaje	Dezavantaje
Stocajul apei de alimentare la joasă presiune	— presiune scăzută în rezervorul de stocaj;	— putere electrică suplimentară limitată;
Sisteme operînd prin cuplaj	— putere și energie electrică suplimentare în limite largi; — grad de utilizare mai ridicat al rezervorului de stocaj; — pierderi exergetice limitate.	— presiune mai ridicată în rezervorul de stocaj (60 bar) — cheltuieli însemnate cu echipamentele

Schema termică de principiu a variantei de stocare a apei de alimentare la joasă presiune este prezentată în figura 3.

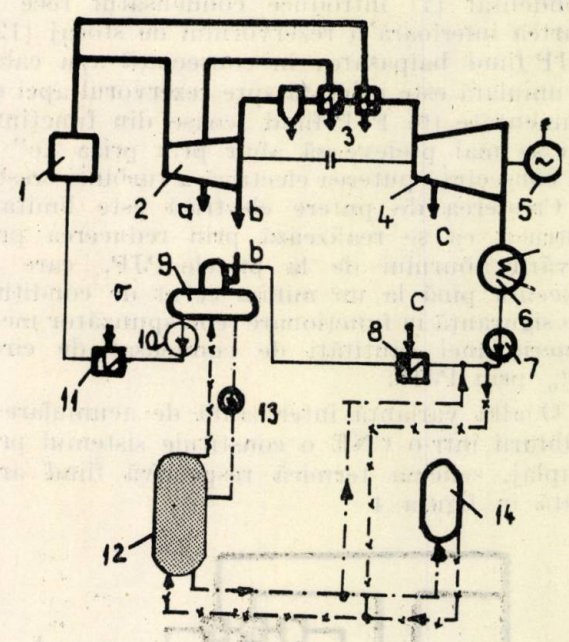


Fig. 3. CNE cu acumularea apei de alimentare la joasă presiune:

1 — generator de abur; 2 — CIP; 3 — separator de apă — supraîncălzitor; 4 — CJP; 5 — alternator; 6 — condensator; 7 — pompă de condensat; 8 — PJP; 9 — rezervor de apă de alimentare; 10 — EPA; 11 — PIP; 12 — acumulator de căldură; 13 — pompă de încărcare; 14 — rezervor de compensare.

După cum se vede, pe lîngă elementele componente prezentate în schemele clasice mai apar aici, acumulatorul de căldură (12) (rezervorul de stocaj), rezervorul de compensare (14) și pompa (13), care asigură legătura între rezervorul de apă de alimentare (9) și acumulator.

Rezervorul de compensare este absolut necesar pentru preluarea diferențelor de volum specific între apa rece și cea caldă.

În rezervorul de stocaj plin, apa caldă se găsește la partea superioară, iar apa rece la partea inferioară.

În faza de încărcare, pompa (13) introduce în rezervorul de stocaj (12) apă caldă din rezervorul degazorului (9) pînă cînd apa rece este total evacuată. Linia de separație (apă caldă—apă rece) este în acest moment la partea inferioară a rezervorului. După această fază, preîncălzitoarele de joasă presiune (8) trebuie să încălzească o cantitate suplimentară de apă rece; în consecință crește debitul de

abur prelevat la priza „c", ceea ce implică o scădere a puterii electrice a turbogeneratorului.

În timpul fazei de descărcare, pompa de condensat (7) introduce condensatul rece la partea inferioară a rezervorului de stocaj (12), PJP fiind baipasate; în consecință apa caldă acumulată este refulată spre rezervorul apei de alimentare (9) PJP fiind scoase din funcțiune nu se mai prelevează abur prin priza „c" și în consecință puterea electrică a turbinei crește.

Creșterea de putere electrică este limitată întrucît ea se realizează prin reducerea prelevării aburului de la prizele PJP, care se execută pînă la un minim cerut de condițiile de siguranță în funcționare (corespunzător menținerii unei cantități de condensat de circa 5% prin PJP).

O altă variantă interesantă de acumulare a căldurii într-o CNE o constituie sistemul prin cuplaj, schema termică respectivă fiind arătată în figura 4.

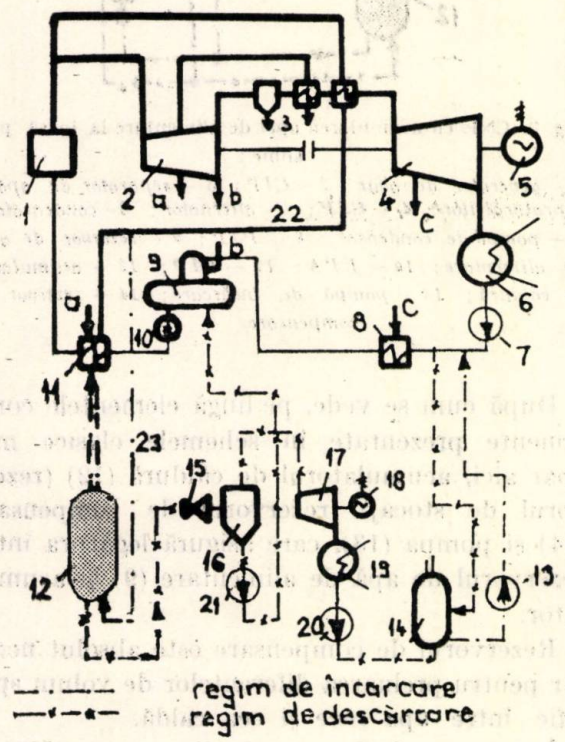


Fig. 4. CNE cu sistem de acumulare a căldurii prin cuplaj: *1 — 14 — aceleași semnificații ca în figura 3; 15 — armătură de laminare; 16 — expandor; 17 — turbină auxiliară; 18 — alternator auxiliar; 19 — condensator; 20 — pompă de condensat pentru circuitul auxiliar; 21 — pompă pentru regim de descărcare; 22 — conductă de ieșire din supraîncălzitor; 23 — conductă de condensat spre acumulatorul de căldură.*

Circuitul principal, reprezentat la partea superioară a figurii, conține elemente cunoscute, care nu necesită explicații suplimentare. La partea inferioară a schemei se găsește circuitul auxiliar format din următoarele elemente principale: acumulatorul de căldură (rezervorul de stocaj) (12), turbogeneratorul (17—18) cu condensatorul (19) și expandorul (16) dotat cu armătura de laminare (15). Pe lîngă acestea mai intervin pompele (13), (20) (21) și rezervorul de compensare (14).

În stare descărcată, rezervorul de acumulare (12) nu conține deloc apă, ci numai abur, în timp ce rezervorul de compensare este umplut cu apă rece (condensat) la presiune atmosferică. În faza de încărcare, condensatul este transportat prin conducte (23) în rezervorul de acumulare, iar rezervorul (14) se golește pe măsură ce circuitele necesită apă. În stare de încărcare, rezervorul de acumulare este umplut cu apă caldă, iar rezervorul (14) este gol. În faza de descărcare, apa caldă stocată este destinsă prin ventilul de laminare (15) și se separă în abur și respectiv în condensat în expandorul (16). În continuare aburul rezultat antrenează turbina (17) se condensează în condensatorul (19), iar condensatul este vehiculat cu pompa (20) în rezervorul (14). Din expandorul (16) apa este absorbită cu ajutorul pompei (21) și refulată în rezervorul apei de alimentare (9) din circuitul principal. Această cantitate de apă înlocuiește astfel o parte a condensatului din circuitul principal, care în loc să fie trecută prin PJP (8) merge la rezervorul de egalizare (14). Ca urmare, prelevarea de abur la prizele de joasă presiune „c" este practic nulă, ceea ce determină creșterea puterii electrice a turboagregatului principal. Legătura dintre rezervorul (12) și grupa de PIP (11) se face printr-o conductă auxiliară.

Întreg sistemul este conceput să asigure pierderi minime de exergie. Exergia nu este distrusă în faza de încărcare decît în timpul primei etape și cu atît mai puțin cu cît rezervorul (12) se umple. În cea de a doua etapă a încărcării, pierderile de exergie sînt excluse. În faza de descărcare, exergia se distruge numai prin reductorul de presiune.

Datorită celor arătate mai sus randamentul acumulatorului rămîne ridicat.

Calculele efectuate în cele două variante, cu stocajul apei de alimentare la joasă presiune și respectiv cu sisteme operînd prin cuplaj, pentru o CNE de 1400 MWe, cu supraîncălzirea aburului în două trepte și cu preîncălzirea apei de alimentare în șase trepte, din care două la înaltă presiune, au condus la rezultatele arătate în tabelul 3.

Tabelul 3

Indicatori tehnico-economici de calcul la o CNE cu acumularea căldurii

Nr. crt.	Indicatorul	U/M	Varianta	
			a) Cu stocajul apei de alimentare la joasă presiune	b) Cu sisteme operînd prin cuplaj
1	Puterea termică a generatorului de abur (reactorului)	MWt	3780	3780
2	Puterea electrică la bornele generatorului	MWe	1381	1381
3	Reducerea netă de putere în faza de încărcare a acumulatorului	MW	55	18,8
4	Durata încărcării	ore	5	et. I. 5,2 et. II. 10,7 Total 15,9
5	Reducerea energiei electrice livrată în faza de încărcare	MWh	275	299
6	Puterea suplimentară netă la descărcare	MW	113	TA principal 115 TA auxiliar 181 Total 296
7	Durata descărcării	ore	2	0,75
8	Energia electrică livrată suplimentar în faza de descărcare	MWh	226	222
9	Puterea suplimentară netă raportată la puterea normală la borne	%	8	21
10	Energia suplimentară livrată la descărcare, raportată la energia redusă în faza de încărcare (randamentul acumulării)	%	82	74
11	Capacitatea (volumul) rezervorului de acumulare	m^3	11200 (pentru 15 bar)	6300 (pentru 60 bar)
12	Încărcarea specifică a rezervorului de acumulare	$\frac{kWh}{m^3}$	20	35
13	Costul energiei electrice suplimentare, produsă în regim de vîrf	$\frac{\text{franci elveţieni}}{kWh}$	0,08–0,10	0,16–0,20

Concluzii

1. Acumularea căldurii sub formă de apă fierbinte în sursele de producere a energiei electrice şi termice conduce la creşterea siguranţei în alimentare a consumatorilor, concomitent cu efecte economice favorabile sub aspectul reducerii eforturilor de investiţii la dimensionarea puterilor electrice şi termice instalate, precum şi a consumurilor de combustibili (mai ales hidrocarburi) în sursele de vîrf.

2. Avînd în vedere cele de mai sus se impune urgentarea introducerii unor astfel de soluţii (inclusiv pe baza altor materiale şi procedee) în CTE, CET şi CT existente în ţara noastră. În cazul sistemelor de alimentare centralizată cu energie termică, folosirea acumulatoarelor constituie şi o cerinţă a realizării restricţiilor privind livrarea căldurii la consumatori. Procesul de încărcare a acumulatorului avînd loc în perioadele de scădere a sarcinii termice, poate fi favorizat şi prin practicarea sistemului de reducere a livrării căldurii în orele de noapte.

3. Studiile pentru realizarea noilor CET şi CT trebuie să ia în considerare şi soluţii de stocare a căldurii cu amplasarea acumulatoarelor (pe bază de calcule tehnico-economice de optimizare) fie în circuitul termic al sursei, fie ca tampon între instalaţia de producere şi consumatorul de căldură.

4. O atenţie deosebită trebuie acordată soluţiilor privind acumularea căldurii în cazul noilor CNE şi CSE, care urmează a se realiza în R.S.R., coroborate cu probleme de furnizare, transport la distanţă şi acumulare sezonieră a căldurii.

Bibliografie

[1] Motoiu, C., Pănoiu, N., Negulescu, L., Dănilă, N., : *Probleme actuale ale producerii energiei electrice şi termice.* Curs postuniversitar, vol. II, I.P.B., 1979.

[2] Striha, I. I., Akeleva, L. I.: *Nekotorie sistemî acumulirovania tepla na teplovih electrostanţiah.* In Energohoziaistvo za rubejom, nr. 6, 1981.

[3] * * * *Referativnii jurnal.* — Teploenerghetika, Svodnii tom, 1981, Moscova.

[4] Kotler, V. R.: *Acumulirovanie energii,* In „Energohoziaistvo za rubejom" nr. 2, 1981.

[5] Geipel, W.: *Grosse Wärmwasserspeicher* in der, *Fernwärmeversorgung, Wunschdenken oder Realität?* In „Fernwärme international", 1980, 9, nr. 4.

[6] Oplatka, G. şi Schmidt, G.: *Couverture des pointes de charge à l'aide d'énergie thermique stockée.* In: Revue Brown Boveri, nr. 8, 1980.

(Primit la 29 octombrie 1982, acceptat la 28 februarie 1983)

Separarea automată de SEN a sistemelor uzinale cu CET propriu din industria chimică

Ing. I. D. Suceveanu *

Generalităţi

Procesele tehnologice specifice industriei chimice necesită în multe cazuri condiţii severe de continuitate în alimentarea cu energie electrică impuse de consecinţele importante ale întreruperilor în alimentare, cum ar fi pericolul de explozii, degajarea de substanţe toxice, pierderi de vieţi omeneşti, pierderi nerecuperabile de materii prime, nerealizări de producţie, reporniri de lungă durată etc.

Spre deosebire de centralele la care producţia de energie este scopul în sine al producţiei, centralele electrice de termoficare din industria chimică produc în primul rînd aburul necesar tehnologiilor chimice din întreprindere, iar producţia de energie electrică este de fapt rezultatul necesităţii de a utiliza cu randament maxim şi cheltuieli minime instalaţiile termoenergetice. Ca urmare apar deosebiri şi în modul de tratare a insularizării centralelor din industrie faţă de cele din sistemul energetic.

De regulă, platformele chimice dispun de surse de abur tehnologic de presiuni mai mari decît cele de utilizare, reducerile de presiune realizîndu-se fie prin laminarea în turbine cu producţie secundară de energie electrică, fie prin staţii de reducere-răcire. Prima situaţie fiind cea mai avantajoasă economic este şi cea mai des întîlnită. Eforturile de recuperare a resurselor energetice secundare s-au finalizat prin apariţia, pe platformele chimice, a unor centrale alimentate cu abur produs în cazanele ce utilizează drept combustibil gaze reziduale rezultate în instalaţiile tehnologice (ca în cazul instalaţiilor de producere a negrului de fum) sau cu abur produs prin recuperarea energiei (de exemplu instalaţiile de acid sulfuric).

Toate aceste soluţii diminuează cantitatea de energie electrică cerută sistemului energetic naţional, iar în unele cazuri se asigură integral consumul propriu al întreprinderii sau chiar se furnizează energie electrică în sistemul naţional. În mod evident creşte autonomia faţă de sistem a întreprinderilor chimice prevăzute cu CET propriu, dar această autonomie poate deveni reală numai în cazul prevederii de instalaţii de insularizare a acestor centrale.

Soluţiile de alimentare cu energie electrică din sistem asigură continuitatea impusă, iar sursele de abur sînt dimensionate astfel încît avarierea unor echipamente, suprapusă peste efectuarea unor revizii programate, să nu producă pierderi de producţie pe platformă. Există însă şi cazuri cînd în sistemul energetic se produc avarii grave extinse şi în aceste împrejurări, indiferent de siguranţa schemei de alimentare, se produc întreruperi în alimentarea cu energie electrică a sistemului uzinal. În aceste situaţii trebuie valorificate la maximum posibilităţile de funcţionare independentă în regim insular a centralelor proprii, în scopul diminuării pierderilor datorate întreruperilor alimentării din sistem.

1. Schema optimă a centralei, consideraţii teoretice şi criterii de insularizare

CET—ul propriu funcţionează în mod normal în paralel cu sistemul energetic naţional. În general, racordarea sistemului uzinal la cel naţional se face prin două transformatoare de 20...110/6 kV, cu secundarele conectate la două secţii de bare ale unei staţii de racord adînc SRA (fig. 1). Din staţia de 6 kV a SRA se alimentează consumatorii sistemului uzinal şi staţia de 6 kV CET.

Consumatorii electrici trebuie grupaţi, funcţie de importanţa lor, în mai multe categorii şi repartizaţi ca atare pe barele celor două staţii de 6 kV ale SRA şi CET. De exemplu, pe secţia 1 de bare a SRA sînt racordaţi consumatorii foarte importanţi FI şi cei importanţi I, precum şi bara staţiei de 6 kV CET. Pe aceasta din urmă debitează generatoarele G şi din ea se alimentează serviciile proprii SI ale centralei. Din secţia 2 de bare a SRA sînt

* Ing. Ioan Desiré Suceveanu este ing. proiectact pr. gr. III la Institutul de inginerie tehnologică şi proiectare pentru industria chimică — Bucureşti.

alimentați consumatorii de importanță secundară IS de pe platformă.

Consumatorii foarte importanți FI sînt cei mai pretențioși din punctul de vedere al alimentării (și anume cei care nu pot fi întrerupți decît în cazuri excepționale). Funcție de consecințele întreruperilor pot exista și consumatori de importanță medie I. Consumatorii de importanță secundară sînt aceia care admit întreruperi în alimentare și care vor fi deconectați în momentul separării de sistem.

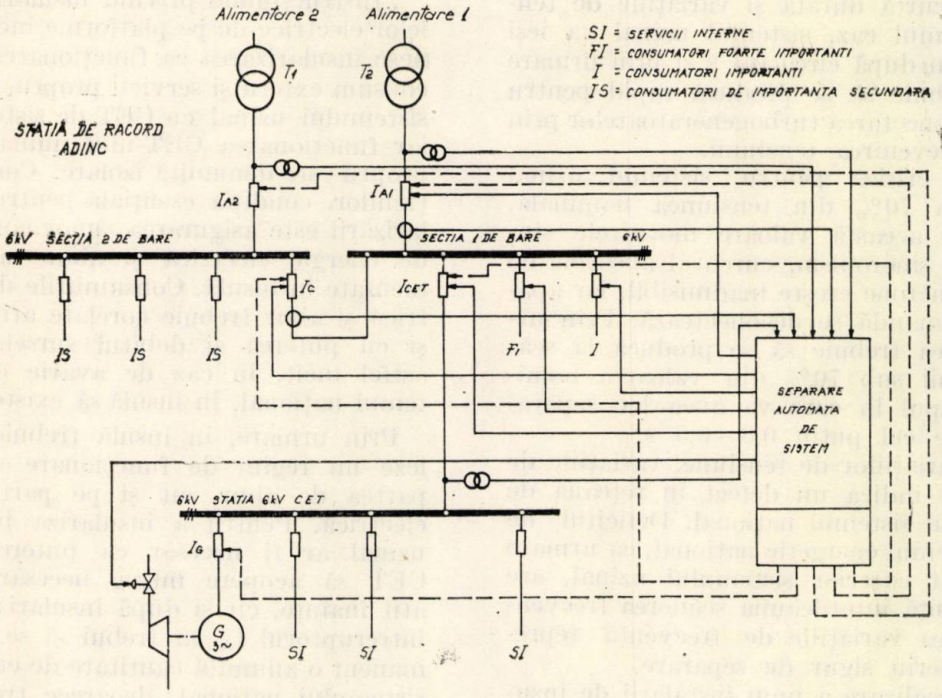


Fig. 1.

La împărțirea pe categorii de importanță a consumatorilor se vor avea în vedere, în afară de consecințele tehnologice ale întreruperilor, și următoarelor criterii :

— care sînt consumatorii de a căror funcționare depinde menținerea consumului de abur la valoarea din momentul separării, în special în centralele cu turbine cu contrapresiune ;

— menținerea consumatorilor de a căror funcționare depinde alimentarea cazanelor cu gazele reziduale ce servesc drept combustibil în centrele recuperatoare ;

— alimentarea consumatorilor de a căror funcționare depinde alimentarea centralei cu abur obținut prin recuperarea energiei ;

— posibilitățile de blocare a instalațiilor AAR în momentul insularizării.

Serviciile proprii ale centralei vor fi în mod evident grupate pe barele stației de 6 kV CET.

Toți acești consumatori importanți vor fi prevăzuți cu posibilitatea opririi în caz de urgență, în condiții de deplină siguranță din punctul de vedere al pericolelor de explozie, pierderilor de vieți omenești sau distrugerilor de utililaje, avînd în vedere că insularizarea nu înseamnă înlăturarea totală a întreruperilor în alimentarea cu energie electrică. Trebuie precizat că nu se pot lua în considerare consumatorii de categoria zero, conform normativului PE 124, aceștia urmînd a avea asigurată o altă sursă, independentă, pentru situații de avarie în sistemul energetic.

În regim normal de funcționare întreruptorul I_C este deschis și toate celelalte întreruptoare sînt închise. În raport cu puterea debitată de centrală și cu consumul de pe secția 1 de bare a SRA, prin întreruptorul I_{A1} energia poate circula în ambele direcții.

Funcționarea normală a sistemului uzinal, care lucrează în paralel cu sistemul național, se consideră perturbată atunci cînd tensiunea sau frecvența se abat față de limitele admise într-o asemenea măsură încît nu mai poate fi menținută funcționarea corectă a consumatorilor. În conformitate cu „Instrucțiunile privind insularizarea centrelelor electrice de pe platforme industriale" elaborate de ISPE, separarea de sistem se face dacă nu există alte restricții la 47,6 Hz, iar izolarea pe servicii proprii la 47 Hz.

Perturbațiile pot apărea din cauze interne sau externe sistemului uzinal. Defectele din sistemul uzinal trebuie localizate și eliminate în cel mai scurt timp posibil prin protecții selective și rapide ale fiecărui element din rețea, astfel încît să nu conducă la deconectarea alimentării din sistem sau a generatoarelor din CET.

Defectele exterioare sistemului uzinal au drept consecinţă valori mai mari decît cele permise pentru fluxul de putere dinspre CET spre sistemul energetic naţional. Cele mai frecvente defecte în sistemul naţional sînt întreruperile de scurtă durată şi variaţiile de tensiune. În primul caz, sistemul uzinal va ieşi din sincronism după circa 0,3 s şi prin urmare separarea trebuie să se producă rapid pentru a preveni deconectarea turbogeneratoarelor prin protecţii la revenirea tensiunii.

Tensiunea critică pentru sistemul uzinal este de circa 70% din tensiunea nominală, deoarece sub această valoare motoarele sincrone ies din sincronism, curentul absorbit de motoarele asincrone creşte inadmisibil, iar aparatajul de comandă se deconectează. Prin urmare separarea trebuie să se producă la scăderea tensiunii sub 70% din valoarea nominală, iar timpul în care va avea loc separarea să fie de cel puţin 0,3—0,5 s.

În afara variaţiilor de tensiune, variaţiile de frecvenţă pot indica un defect în reţeaua de alimentare din sistemul naţional. Deficitul de putere în sistemul energetic naţional, ca urmare a unui defect exterior sistemului uzinal, are drept consecinţă întotdeauna scăderea frecvenţei şi de aceea variaţiile de frecvenţă reprezintă un criteriu sigur de separare.

Modul de realizare a unui instalaţii de insularizare depinde de următorii factori:

— comportarea consumatorilor la variaţii de tensiune şi frecvenţă;

— configuraţia reţelei sistemului uzinal;

— configuraţia reţelei de alimentare din sistemul naţional;

— puterea debitată de CET în momentul separării;

— puterea totală cerută de receptorii sistemului uzinal;

— capacitatea de reglaj al sarcinii centralei proprii;

— configuraţia reţelei de abur;

— consumul de abur în instalaţiile ce rămîn în funcţiune;

— posibilităţile de blocare a instalaţiilor AAR în momentul separării.

Trebuie avut în vedere că toţi aceşti factori sînt variabili şi prin urmare condiţiile în care se face separarea automată de sistem nu sînt aceleaşi în toate situaţiile.

În majoritatea cazurilor este suficient să se verifice următoarele mărimi electrice în punctul de racord cu sistemul naţional: tensiunea, curentul, direcţia de scurgere a puterii şi frecvenţa. De cele mai multe ori se preferă ca, în plus, să se măsoare viteza de variaţie a frecvenţei, deoarece această mărime caracterizează mai bine perturbaţia şi permite o separare rapidă, în timp util, a sistemului uzinal. Impulsul de separare se va da numai dacă în CET există o putere disponibilă suficientă, chiar şi în cele mai nefavorabile condiţii de funcţionare. Dacă sistemul uzinal funcţionează în bune condiţii în regim insular, este posibil să se restabilească paralelul cu sistemul energetic naţional într-un timp foarte scurt.

„Instrucţiunile privind insularizarea centralelor electrice de pe platforme industriale" definesc insularizarea ca funcţionarea CET-ului pe consum extern şi servicii proprii, deci separarea sistemului uzinal cu CET de sistemul naţional, iar funcţionarea CET-ului numai cu serviciile proprii este denumită izolare. Conform instrucţiunilor, condiţia esenţială pentru reuşita insularizării este asigurarea unor consumuri locale de energie electrică şi abur care rămîn alimentate în insulă. Consumurile de energie electrică şi abur trebuie corelate atît între ele, cît şi cu puterea şi debitul surselor din insulă, astfel încît, în caz de avarie extinsă în sistemul naţional, în insulă să existe un echilibru.

Prin urmare, în insulă trebuie să se instaleze un regim de funcţionare stabil, atît pe partea de abur, cît şi pe partea de energie electrică. Pentru a insulariza întregul sistem uzinal ar fi necesar ca puterea produsă în CET să acopere întreg necesarul de putere, atît înainte, cît şi după insularizare. Deci prin întreruptorul I_{A1} ar trebui să se furnizeze permanent o anumită cantitate de energie electrică sistemului naţional, deoarece trebuie luată în consideraţie nu numai sarcina normală, ci şi necesarul de putere pentru pornirea altor motoare.

În practică, puterea disponibilă în CET este funcţie de aburul tehnologic furnizat la consumatori şi astfel pot apărea două cazuri şi anume:

a — puterea necesară este mai mică decît puterea disponibilă în CET;

b — puterea necesară este mai mare decît puterea disponibilă în CET.

În ambele cazuri, imediat după separare, viteza turbinei variază, deoarece nu mai este menţinută constantă de frecvenţa sistemului naţional cu care funcţiona în paralel. În cazul a frecvenţa creşte, iar în cazul b, scade.

La creşterea frecvenţei, deci în cazul a, la valoarea de 50,5 Hz se va trece automat de la reglajul în contrapresiune la reglajul pe turaţie al turboagregatului, în sensul menţinerii constante a frecvenţei la o valoare admisibilă.

La scăderea frecvenţei este necesară reducerea automată în trepte a sarcinii după un program prestabilit, pînă cînd se obţine creşterea frecvenţei la valoarea nominală. Dacă frecvenţa continuă să crească, atunci la valoarea de 50,5 Hz se trece la reglajul pe turaţie, ca în cazul a. Reducerea treptată a sarcinii este posibilă cu ajutorul unui releu de frecvenţă independent de tensiune, cu timp scurt de comutare şi valori de răspuns reglabile la inter-

vale mici. Această soluție, mai puțin precisă decît aceea a comparării continue a cantităților de energie produsă în CET și consumată în sistemul uzinal în același moment, este totuși satisfăcătoare din toate punctele de vedere. Metoda comparării continue a cantităților de energie produsă și consumată și deci a determinării exacte a sarcinii ce trebuie deconectată la un moment dat pentru a obține o funcționare stabilă, necesită un echipament scump, care nu se justifică în practică.

Deconectarea simultană a sarcinii cu separarea CET-ului de sistem este avantajoasă în toate cazurile în care există un deficit de putere după separare sau cînd nu toate generatoarele din CET sînt în funcțiune.

Descărcarea în trepte a sarcinii funcție de frecvență, trebuie să fie posibilă pînă la izolarea CET-ului pe servicii proprii prin deschiderea întreruptorului I_{CET}, deoarece menținerea în funcțiune a centralei la avarii extinse în sistemul național poate permite reîncărcarea în momentele imediat următoare a centralei la sarcina nominală, deci minimalizarea pagubelor provocate de întreruperea alimentării.

La revenirea sistemului energetic național la parametrii nominali este necesar ca sistemul din insulă să se reconecteze automat în paralel cu sistemul, pentru a micșora la minimum timpul de funcționare insulară. În acest scop, instalația de separare este prevăzută cu aparate de supraveghere a parametrilor sistemului pe toată durata întreruperii alimentării. În cazul insulelor cu un singur generator sincronizarea și reconectarea se pot face automat.

2. Dispozitivul de separare automată de sistem

Pentru a da rezultatele scontate este necesar ca dispozitivul de separare automată de sistem să cuprindă componente cu funcționare sigură, precizie mare, timp scurt de răspuns și reglabile în gamă continuă. De aceea este necesar ca dispozitivul să fie executat cu relee statice, să fie independent de tensiunea și frecvența rețelei de alimentare și să acționeze asupra unui număr minim de întreruptoare.

Așa cum se vede din figura 2, tensiunea obținută în secundarul transformatorului de măsură f_1 este aplicată releului d1 de minimă tensiune, releului de frecvență d2 și releelor direcționale de putere activă d3 și reactivă d4. Curentul măsurat cu ajutorul transformatorului f_2 este aplicat releelor direcționale de putere d3 și d4, precum și releului maximal de curent d5.

Impulsul de separare dat de releele minimal de tensiune sau maximal de curent poate fi aplicat întreruptorului I_{A1} numai dacă releele direcționale de putere d3 și d4 au sesizat creș-

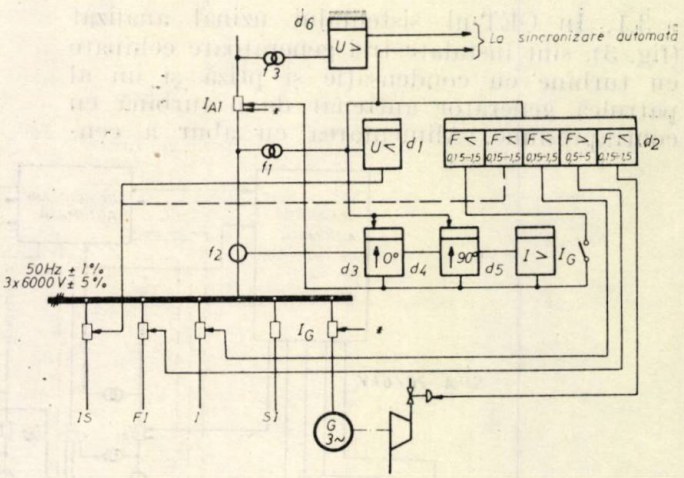


Fig. 2. d1 — releu static de minimă tensiune; d2 — releu static de frecvență, independent de tensiune, cu patru trepte temporizate independent; d3, d4 — relee statice direcționale de putere; d5 — releu static maximal de curent; d6 — releu static maximal de tensiune al instalației de sincronizare automată; * — de la sincronizare automată.

terea puterii în sensul spre alimentarea din sistem. Releele d3 și d4 pot fi reglate în ambele sensuri de trecere a puterii prin fiderul de alimentare, la valoarea maximă admisă de regimul normal de funcționare al centralei. Releul de frecvență d2 poate emite impulsul de separare împreună cu releele d1, d3, d4 și d5 sau independent de acestea la frecvența minimă reglată pentru insularizarea sistemului uzinal. Releul d2 conține cel puțin o treaptă maximală de frecvență reglabilă la 50,5 Hz cu o temporizare între 0,15 pînă la 1,5 secunde, necesară emiterii impulsului de trecere pe reglajul de turație al generatoarelor. Celelalte trepte se pot regla independent la frecvențe minime și temporizări astfel alese încît să realizeze treptele de descărcare a sarcinii generatoarelor conform programului prevăzut.

Dispozitivul de separare automată de sistem este echipat cu un aparat de sincronizare — SINCROSET—G, fabricație ICEMENERG, care în mod normal servește pentru punerea în paralel a generatoarelor cu sistemul prin diferitele întreruptoare ale stației de 6 kV.

3. Aplicații concrete la insularizarea platformelor chimice

Principala problemă care se pune în prezent este echiparea centralelor în funcțiune pe diferite platforme ale industriei chimice cu instalații de insularizare. Avînd în vedere diversitatea echipamentelor din aceste centrale, multitudinea de scheme de distribuție și caracterul diferit al consumatorilor, se impune analizarea atentă a fiecărui caz în parte și aplicarea de soluții adecvate situației concrete, soluții care de cele mai multe ori nu se asemănă decît principial cu cazul schemei optime din figura 1.

3.1. În CET-ul sistemului uzinal analizat (fig. 3), sînt instalate trei generatoare echipate cu turbine cu condensaţie şi priză şi un al patrulea generator antrenat de o turbină cu contrapresiune. Alimentarea cu abur a centralei este rezultatul arderii în cazane recuperatoare a gazelor reziduale produse de o parte din secţiile de fabricaţie ale întreprinderii.

Generatoarele debitează energie electrică la tensiunea de 6 kV pe o staţie cu două secţii de bare cu cuplă longitudinală. Staţia este în acelaşi timp şi staţie de racord cu sistemul, fiecare secţie de bare avînd un racord propriu la sistemul naţional. Regimul normal de funcţionare este cu cupla longitudinală deschisă, puterea consumată din staţia de 6 kV CET fiind mai mică decît producţia proprie a centralei cu circa 4 MW, reprezentînd aproximativ 18% din puterea instalată totală a centralei.

De pe barele staţiei de 6 kV CET se alimentează serviciile proprii ale centralei, o staţie de 6 kV pe care este grupat întreg consumul aferent instalaţiilor tehnologice furnizoare de gaz rezidual şi alte două staţii de 6 kV cu consumatori de importanţă diferită, conform figurii 3, în care sînt reprezentate numai plecările spre aceste staţii.

Alegerea soluţiei de insularizare este influenţată şi de următoarele aspecte:

— nu este posibilă realizarea unei singure bare pe care să fie grupaţi consumatorii importanţi;

— toţi consumatorii importanţi dispun de două căi de alimentare, cîte una de pe fiecare secţie de bare ale staţiei de 6 kV CET.

Schema de alimentare cu energie electrică a consumatorilor uzinali permite ca prin manevre simple, pe una din cele două secţii de bare ale centralei să se poată menţine un echilibru de durată între puterea debitată de generatoarele racordate la bara respectivă şi puterea consumată de pe aceeaşi bară. Este evident că această condiţie fiind realizată, schimbul de putere major cu sistemul se va realiza pe cealaltă secţie de bare. Funcţie de regimul de funcţionare al consumatorilor uzinali, de programul de revizii şi reparaţii al centralei, bara în echilibru poate fi oricare din cele două secţii de bare ale staţiei de 6 kV CET. Soluţia optimă în acest caz a fost echiparea fiecărei secţii de bare a staţiei de 6 kV CET cu o instalaţie de insularizare, care să lucreze independent una de alta. Trebuie precizat că soluţia de a funcţiona cu cupla longitudinală închisă nu era acceptabilă deoarece reducea considerabil siguranţa în funcţionare în regim normal de lucru.

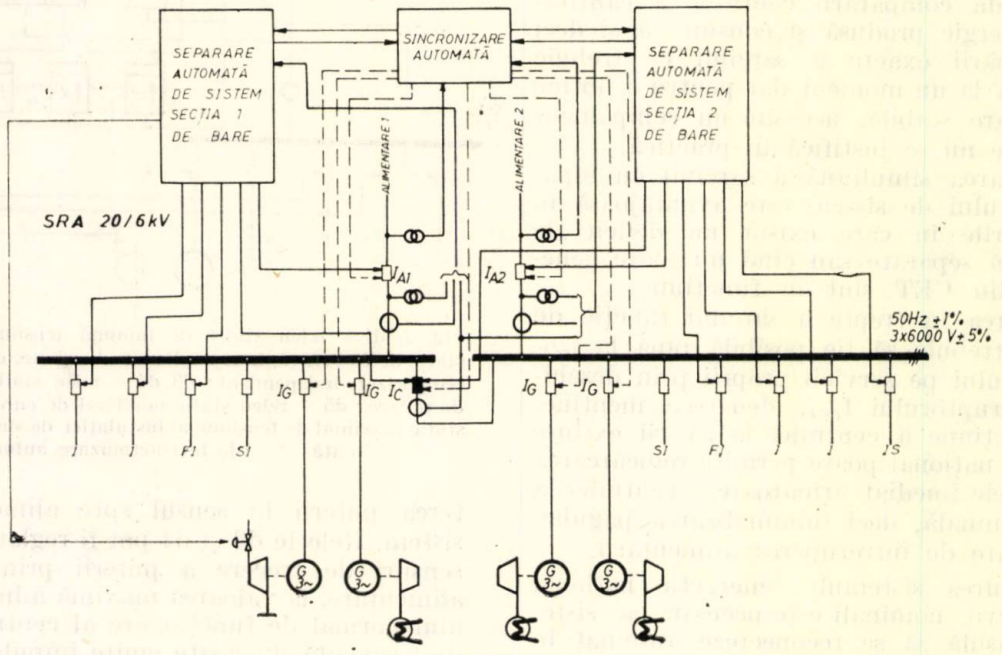


Fig 3.

În cazul unei avarii pe una din cele două alimentări din sistem, secţia de bare respectivă se separă automat, trece în regim insular şi apoi se va racorda prin închiderea întreruptorului I_C la alimentarea din sistem rămasă în funcţiune la parametrii nominali. Bineînţeles că închiderea întreruptorului I_C este posibilă numai şi numai dacă nu au intrat în funcţiune ambele instalaţii de separare automată de sistem, dacă întreruptorul I_A al celeilalte secţiii de bare este închis şi dacă a doua alimentare funcţionează la parametrii normali de lucru. La revenirea la parametrii normali a racordului pe care s-a produs avaria, procesul se va desfăşura în sens invers. Se precizează că punerea

în paralel a celor două alimentări din sistem prin întreruptorul I_C este interzisă de furnizorul de energie electrică.

La o avarie extinsă în sistem, soldată cu căderea ambelor racorduri ale centralei la sistem, fiecare secție de bare se va insulariza independent, șanse maxime avînd secția de bare aflată în regim de echilibru între puterea furnizată de generatoare și puterea cerută a consumatorilor. Cealaltă secție de bare se va insulariza cu deconectarea consumatorilor puțin importanți, dacă este necesar, conform programului prestabilit.

Soluția adoptată permite obținerea de șanse maxime de insularizare a centralei împreună cu consumatorii importanți din sistemul uzinal, inclusiv instalațiile tehnologice producătoare de gaze reziduale ce servesc drept combustibil cazanelor CET-ului. Elasticitatea schemei și existența instalațiilor de autopornire pentru circa 60% din consumatorii uzinali fac ca siguranța în funcționare a alimentării cu energie electrică a întreprinderii să fie la nivelul maxim oferit de instalațiile energetice ale centralei uzinale.

3.2. Spre deosebire de cazul precedent, CET-ul sistemului uzinal din figura 4 are stația de 6 kV CET, care este și stația de racord cu sistemul energetic național, cu două sisteme de bare din care unul secționat. În centrală sînt instalate trei generatoare identice antrenate cu turbine cu contrapresiune. Regimul normal de funcționare este cu cupla longitudinală deschisă, puterea furnizată de cele

terne ale CET și trei stații de distribuție uzinale.

Caracteristic acestui sistem uzinal este faptul că puterea consumată de pe barele centralei, precum și importanța consumatorilor, diferă în regim de iarnă față de regimul de vară. Reviziile grupurilor sînt planificate în exclusivitate vara, încît în regim de iarnă centrala să dispună de întreaga capacitate.

În regim de iarnă consumatorii de importanță deosebită sînt cei grupați pe stația nr. 3 urmînd în ordinea importanței cei grupați pe stațiile nr. 4 și apoi nr. 2.

În regim de vară, atît puterea centralei (datorită reviziilor), cît și puterea consumată din stația nr. 3 se reduc. Consumatorii cei mai importanți devin cei din stația nr. 4, urmînd în ordine cei din stațiile nr. 3 și apoi nr. 2.

Schema stației de 6 kV CET permite ca prin manevre simple, utilizînd sistemul de bare nesecționat, în funcție de regimul de iarnă sau de vară, să se poată menține pe una din cele două secții de bare prelungită cu barele sistemului nesecționat, un echilibru de durată între puterea furnizată de generatoare și cea consumată.

Instalația de separare de sistem asigură insularizarea după cum urmează :

— după alegerea barei în echilibru și realizarea acestuia se conectează instalația de separare automată de sistem de către dispecerul energetic funcție de regimul de lucru stabilit;

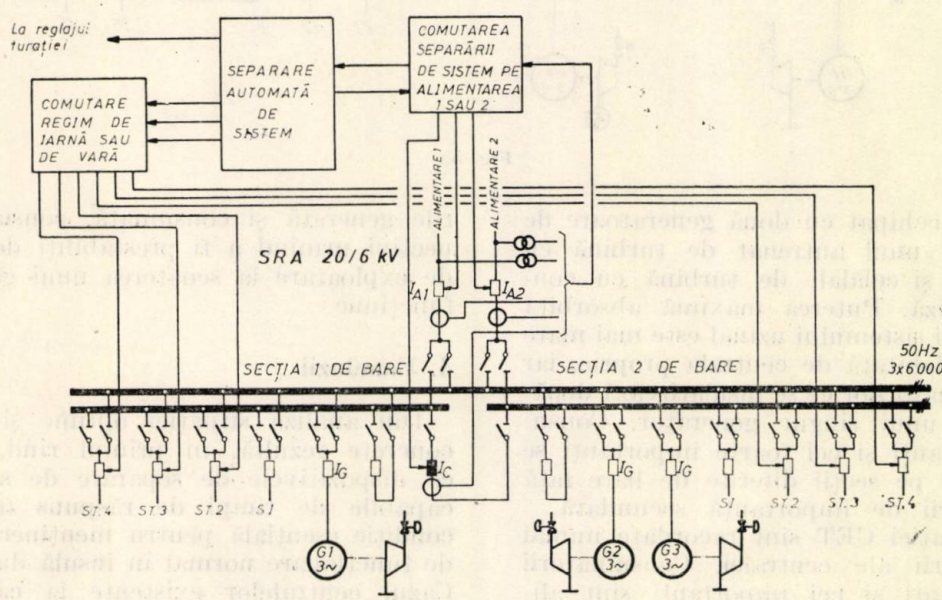


Fig. 4.

trei generatoare fiind mai mică cu circa 15% decît puterea consumată de pe barele centralei. De pe cele două secții de bare ale sistemului secționat se alimentează serviciile in-

— la o avarie pe racordul de alimentare din sistem al barei în echilibru, aceasta se separă automat și trece în regim insular iar după aceea, dacă este cazul, se racordează cu aju-

torul instalației de sincronizare automată la alimentarea rămasă în funcțiune;

— la căderea totală a sistemului energetic bara în echilibru trece în regim insular cu revenirea la alimentarea din sistem ca în cazul precedent cînd se restabilesc parametrii acestuia.

În acest mod se asigură insularizarea centralei împreună cu consumatorii foarte importanți, precum și cu alți consumatori, funcție de puterea disponibilă în centrală în momentul respectiv.

3.3. Schema sistemului uzinal prezentată în figura 5, este apropiată de schema optimă prezentată în capitolul 1.

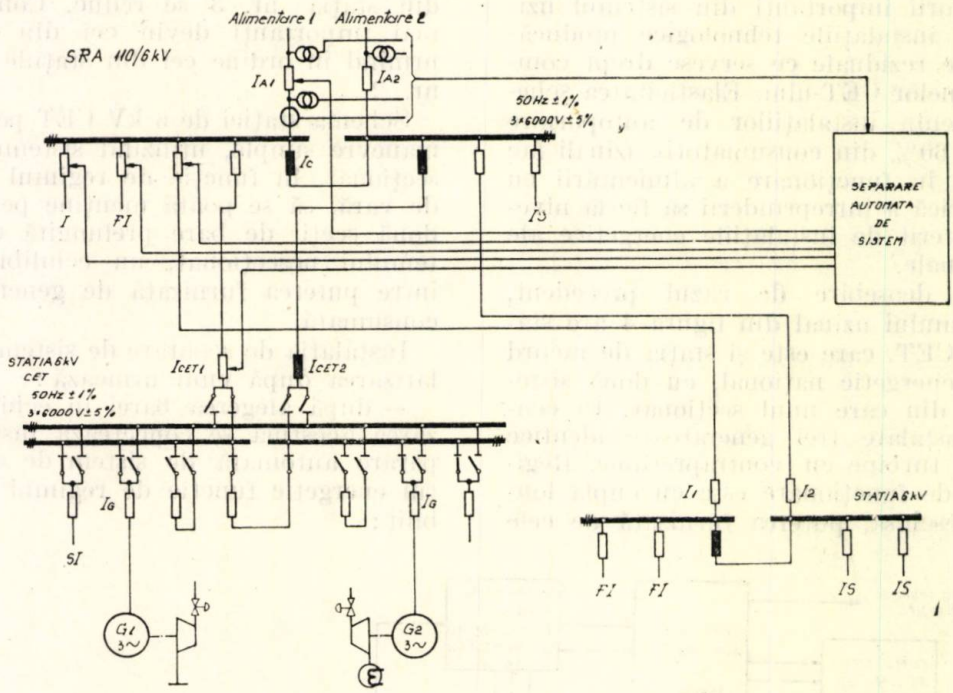


Fig. 5.

CET-ul este echipat cu două generatoare de puteri diferite, unul antrenat de turbină cu contrapresiune și celălalt de turbină cu condensație și priză. Puterea maximă absorbită de consumatorii sistemului uzinal este mai mare decît puterea debitată de centrala proprie, iar puterea consumatorilor ce se insularizează depășește puterea unui singur generator. Consumatorii importanți și cei foarte importanți se alimentează de pe secții diferite de bare față de consumatorii de importanță secundară.

Pe barele stației CET sînt racordate numai serviciile proprii ale centralei. Consumatorii foarte importanți și cei importanți sînt alimentați din secția 1 de bare a SRA și a stației de 6 kV secundare. Toți consumatorii de importanță secundară se alimentează din secțiile 2 de bare și stațiile de 6 kV secundare.

Pe partea de abur situația este avantajoasă deoarece aproape tot aburul este consumat de către consumatorii importanți și foarte importanți și practic, atît în regimul anterior insularizării cît și după insularizare, consumul de abur este relativ același. Este necesară o foarte mică reducere a consumului de abur după insularizare.

În momentul separării CET de sistem prin deschiderea întreruptorului I_{A1}, generatoarele, vor debita numai pe consumatorii FI și I deoarece cuplele din SRA și stația secundară sînt blocate deschise, iar cupla longitudinală din CET este închisă. În situația în care unul din turbogeneratoare nu este în funcțiune este necesară deconectarea unei părți din consumatori pentru stabilirea echilibrului între puterile generată și consumată, consumatorii respectivi urmînd a fi prestabiliți de personalul de exploatare la scoaterea unui generator din funcțiune.

4. Concluzii

Din analiza situației optime și a cazurilor concrete rezultă, în primul rînd, necesitatea ca dispozitivele de separare de sistem să fie capabile de timpi de răspuns foarte scurți, condiție esențială pentru menținerea regimului de funcționare normal în insulă după separare. Cazul centralelor existente la care se montează asemenea instalații a reliefat dificultățile legate de realizarea unor scheme de distribuție a energiei, care trebuie să îndeplinească simultan două condiții aparent contradictorii, și anume o complexitate care să permită elasticitatea necesară diferitelor regimuri

de funcționare ale sistemului uzinal, în timp ce separarea și delestarea sarcinii trebuie să fie posibilă prin acționarea unui număr minim de întreruptoare.

Grupele de consumatori, alcătuite conform importanței consecințelor la întrerupere, necesare pentru menținerea echilibrului în insulă atît pe partea de energie electrică, cît și pe abur, trebuie să fie în număr cît mai redus și cu puteri și debite astfel alese încît regimul tranzitoriu de funcționare a grupurilor turbogeneratoare în insulă să fie redus la minimum.

Șansele de insularizare scad direct proporțional cu creșterea diferenței între puterile produsă de generatoare și consumată în insulă în momentul imediat următor separării. De aici rezultă importanța pe care o are exploatarea în crearea condițiilor celor mai favorabile de insularizare.

Caracterul aleatoriu al sarcinilor electrice și termice, datorat fluctuațiilor inerente proceselor tehnologice, chiar cînd acestea sînt continue, se accentuează în cazul întreprinderilor mari care au în componență o multitudine de secții de fabricație cu programe și capacități de producție variabile în timp.

Chiar în cazul schemelor optime, și cu atît mai mult în celelalte situații, pentru a avea șanse maxime de insularizare este necesar ca prin întreruptorul de separare a insulei de sistem circulația de putere să fie aproximativ nulă, de ordinul a cîteva sute de kilowați. Astfel regimul tranzitoriu are o durată minimă și nu va fi necesară delestarea sarcinii.

Este evident că prin proiectare se pot realiza numai condițiile fizice necesare echilibrării puterii pe bara ce se va insulariza. Numai colectivul de exploatare, bine instruit și pregătit în acest scop, cu o cunoaștere exactă a situației energetice de moment și de perspectivă pentru perioada imediat următoare, poate lua măsurile de echilibrare a puterilor produse și consumate în centrală, de menținere a acestui echilibru în timp, precum și de programare corectă a procesului de insularizare care eventual ar putea apărea. Acest mod de exploatare va permite ca la apariția evenimentelor care conduc inevitabil la întreruperea alimentării, deci la insularizare, sistemul uzinal să fie pregătit corect pentru a trece în regim insular cu șanse maxime. Indiferent de gradul de automatizare realizat, de perfecțiunea dispozitivelor de separare sau a echipamentelor centralei, insularizarea rămîne o acțiune conștientă a pesonalului de exploatare, pregătită din timp și adaptată la fiecare regim nou de funcționare normală a centralei sau al sistemului uzinal.

Bibliografie

[1] Roșu, C., Suceveanu, I. D., Șuța, E. și Șmilovici, M.: *„Insularizarea centralelor electrice de termoficare de pe platformele industriei chimice în cazul avariilor extinse în sistem"*, referat la simpozionul I.I.T.P.I.C., septembrie 1979, București.

[2] Magaina, P.: *„Dispositif automatique de séparation du réseau pour centrales industrielles"*. Revue Brown Boveri, nr. 1, 1974, p. 28–35.

[3] Albert, H. și alții: *„Rolul și concepția insularizării centralelor electrice de termoficare de pe platformele industriale"*, referat la simpozionul „Siguranța în funcționare a instalațiilor energetice", București, 1977.

[4] Acherman, M. și Matei, C.: *„Scheme de alimentare cu energie electrică a consumatorilor preferențiali"*, referat la simpozionul „Siguranța în funcționare a instalațiilor energetice", București, 1977.

[5] Albert, H., Florea, I. și Iordănescu, I.: *„Alimentarea cu energie electrică a întreprinderilor industriale"*, Editura tehnică, 1978.

[6] * * * Brown Boveri, „Static System Decoupling Device IPX-3" CH-ES 63–15.

[7] * * * Prescripție M.E.E. 1978: *„Instrucțiuni privind insularizarea centralelor electrice de pe platformele industriale"* elaborate de ISPE.

(Primit la 6 octombrie 1982, acceptat la 21 martie 1983)

Insuflarea aerului terțiar în pîlnia rece — procedeu de micșorare a pierderilor de căldură la cazanele de abur pe lignit

Ing. George Chercea, ing. Anton Roșu, ing. Gabriel Poenaru*

Generalități

Pierderea de căldură prin ardere mecanic incopletă constituie o componentă importantă de scădere a randamentului cazanelor de abur alimentate cu combustibil solid inferior. În cadrul preocupărilor ICEMENERG pentru reducerea acestor pierderi [1], procedeul abordat inițial a fost insuflarea aerului terțiar în pîlnia rece a focarului [2]. După efectuarea unor cercetări experimentale pe stand asupra unui model bidimensional pentru cazanul G330/370 din CET Ișalnița, a fost realizată pentru acest cazan o instalație de insuflare a aerului terțiar. Experimentările făcute [3] au dovedit eficiența aplicării ei. Soluția a fost extinsă și la CTE Rovinari la cazanele de 645 t/h; în prezent instalațiile de insuflare a aerului terțiar de la aceste cazane servesc grătarele de postardere basculante montate ulterior [4].

1. Aspecte teoretice

Conținutul ridicat de xilită al lignitului din bazinul Oltenia, cu valori medii de peste 10% (circa 14% pentru lignitul din mina Roșia și circa 16% pentru cel din cariera Lupoaia) determină o măcinabilitate scăzută și o finețe de măcinare grobă a prafului de cărbune. În figura 1 se prezintă modul în care variază coeficientul de măcinabilitate al lignitului de Rovinari în funcție de conținutul de xilită, iar în figura 2 dependența dintre finețea de măcinare a prafului de cărbune (caracterizată de restul pe sita cu ochiuri de 1 mm) și conținutul de xilită.

Focarul unui cazan de abur alimentat cu cărbune sub formă pulverizată este dimensionat să asigure timpul de staționare necesar arderii complete a unor particule de dimensiuni medii. Xilita este prezentă îndeosebi în particulele de dimensiuni mari, așa cum reiese și din figura 3, curba 1. Acestea cad în pîlnia rece a focarului înainte de a arde complet și din această cauză zgura provenită din arderea lignitului cu conținut mare de xilită are un procent ridicat de substanțe combustibile nearse (curba 2, fig. 2) concentrate în special în particulele de zgură de dimensiuni mari (curba 2, fig. 3).

* Autorii sînt cercetători științifici principali la ICEMENERG

Procentul de particule de zgură cu o dimensiune mai mare decît o anumită valoare se poate determina din curba granulometrică a probei respective (de exemplu curba 2 din figura 4 în care s-a prezentat și curba granulometrică a prafului de lignit din care a provenit zgura).

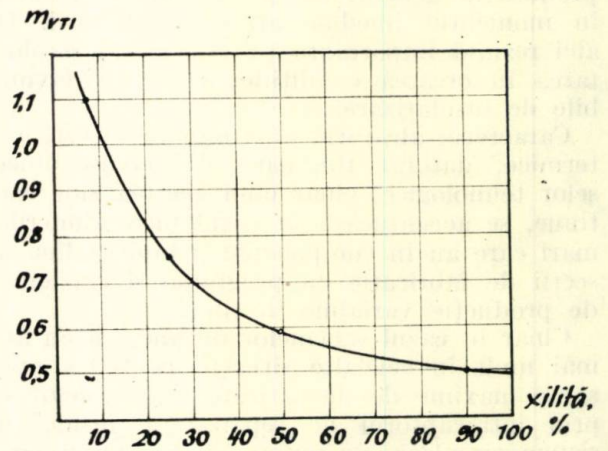


Fig. 1. Variația coeficientului de măcinabilitate (m_{VTI}) al lignitului de Rovinari în funcție de conținutul de xilită

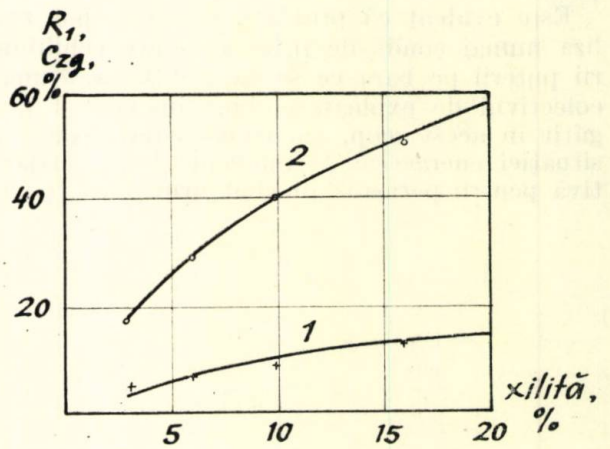


Fig. 2. Variația fineții de măcinare (1) și a nearselor în zgură (2) în funcție de conținutul de xilită al lignitului.

Particulele mari de cărbune pot înceta să ardă chiar înainte de a ajunge în pîlnia rece datorită, printre altele, și lipsei de aer, pe măsură ce se depărtează de arzătoare. În scopul realizării unui aport suplimentar de aer pentru prelungirea arderii acestor particule, dar și pentru mărirea duratei de staționare în fo-

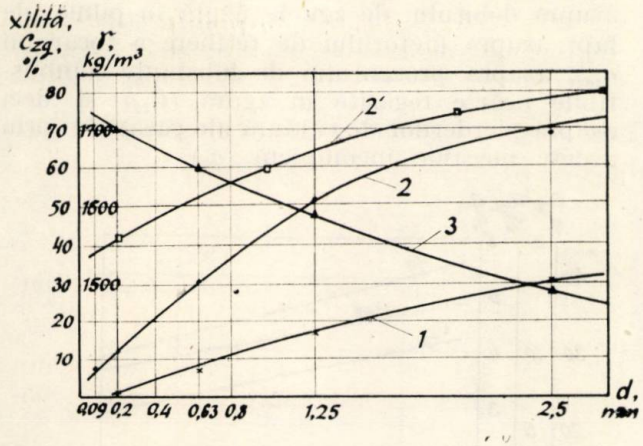


Fig. 3. Variația conținutului de xilită (1), a procentului de nearse (2) și a greutății specifice (3) în funcție de dimensiunea particulei de zgură; curba 2' se referă la cazanele de 1035 t/h

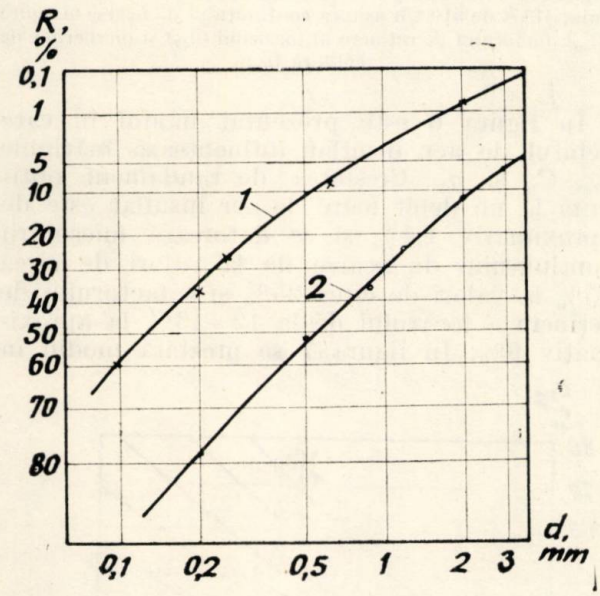


Fig. 4. Curbele granulometrice ale prafului de lignit (1) și ale zgurei eliminate la pîlnia rece (2).

car prin întîrzierea căderi ilor, se insuflă la baza pîlniei reci aer (denumit terțiar), prelevat din circuitul de aer cald al cazanului. Efectul de întîrziere a căderii în curentul ascendent de aer terțiar este mai accentuat în cazul particulelor de cărbune mai ușoare; din acest punct de vedere sînt favorizate particulele cu conținut ridicat de xilită, care au greutate specifică mai mică (curba 3, fig. 3) și care determină preponderent valoarea ridicată a procentului de nearse în zgură.

Debitul de aer necesar arderii substanțelor combustibile din zgură se calculează cunoscîndu-se cantitatea de zgură eliminată la pîlnia rece și procentul de „nearse" din aceasta. În general, pentru nivelul pierderilor de căldură prin ardere mecanic incompletă la cazanele care funcționează cu lignit, debitul necesar de aer terțiar insuflat în pîlnia rece are valori cuprinse între 8 și 12% din necesarul de aer al cazanului.

Pentru stabilirea efectului insuflării aerului terțiar asupra particulelor de diferite mărimi care cad în pîlnie, se pornește de la ecuația de echilibru între forța de gravitație la care este supusă particula și presiunea curentului ascendent de fluid (amestec de aer și gaze de ardere antrenate) exercitată asupra ei (definită de relația lui Bernoulli). Considerînd particula de zgură de formă sferică, viteza limită la echilibrul celor două forțe se poate deduce din ecuația :

$$\frac{\pi d^3}{6} \cdot \gamma_p = \zeta \cdot \frac{\pi d^2}{4} \cdot \frac{w_{fl}^2}{2g} \cdot \gamma_{fl}, \qquad (1)$$

unde :

— d este diametrul particulei [m];
— γ_p — greutatea specifică a particulei [kg/m³];
— γ_{fl} — greutatea specifică a fluidului [kg/m³];
— w_{fl} — viteza curentului de fluid [m/s];
— ζ — coeficientul de rezistență în curentul de fluid
— g — accelerația gravitațională [m/s²].

Rezultă :

$$w_{fl} = \sqrt{\frac{4dg \cdot \gamma_p}{3\zeta \cdot \gamma_{fl}}}. \qquad (2)$$

Particulele de praf de lignit cad din zona arzătoarelor cu temperaturi ale gazelor de ardere de peste 1225K spre pîlnia rece, transformîndu-se treptat în particule de zgură. Pe măsură ce se apropie de baza pîlniei reci, particulele întîlnesc curentul de aer terțiar insuflat (cu o temperatură de aproximativ 625K), în amestec cu gazele de ardere. În același timp, pe măsură ce particulele ard, greutatea lor specifică se modifică de la aproximativ 1400 kg/m³ (lignit brut) la aproximativ 1700 kg/m³ (zgură).

Variația vitezei limită a curentului ascensional necesar susținerii particulelor în funcție de dimensiunile acestora, pentru diferite valori ale temperaturii amestecului gaze de ardere—aer terțiar și ale densității particulelor se prezintă în figura 5.

Viteza medie într-un jet rotund — w_{med} la o anumită distanță de diuză — x, se determină cu ajutorul relației :

$$\frac{w_{med}}{w_0} = \frac{0{,}192}{\frac{a \cdot x}{R_0} + 0{,}29}, \qquad (3)$$

unde : w_0 este viteza la ieșirea din diuză (m/s);
a — coeficient (care în cazul jetului liber, rotund, are valori cuprinse între 0,066 și 0,076);

R_0 — raza diuzei [m].

Pentru jetul plan este valabilă relaţia:

$$\frac{w_{med}}{w_0} = \frac{0{,}49}{\sqrt{\frac{a \cdot x}{b_0} + 0{,}41}} \qquad (4)$$

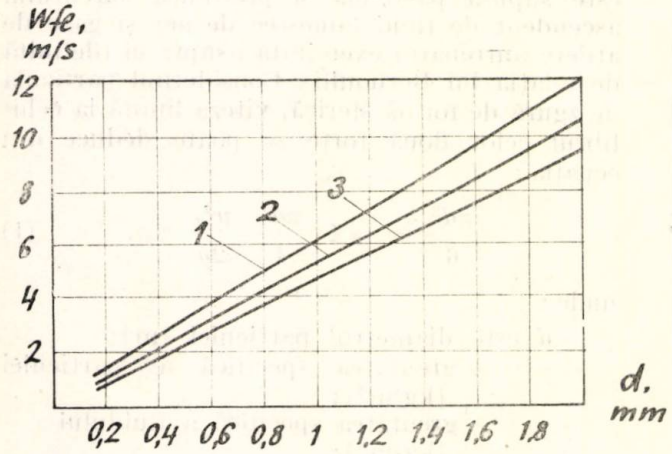


Fig. 5. Variaţia vitezei limită a amestecului aer terţiar şi gaze de ardere, necesară susţinerii particulelor, în funcţie de dimensiunile şi densitatea acestora şi de temperatura amestecului: 1 — t_{fl} = 1225K; γ_p = 1700 kg/m³; 2 — t_{fl} = 1225K; γ_p = = 1400 kg/m³; 3 — t_{fl} = 625K; γ_p = 1400 kg/m³.

unde:

w_{med}, w_0, a şi x au aceeaşi semnificaţie ca în relaţia (3);

b_0 — lăţimea fantei diuzei [m].

Cu relaţiile de mai sus s-au dimensionat instalaţiile de insuflare a aerului terţiar pentru cazanul G330/370 din CET Işalniţa (cu jet plan) [3] şi cazanul de 645 t/h din CET Rovinari (cu jet rotund) [4].

2. Efectul insuflării aerului terţiar la cazanele MAN de 510 t/h din CET Işalniţa

Înainte de a se decide proiectarea instalaţiilor de insuflare a aerului terţiar pentru cazanele existente, care nu le-au avut în dotare, s-a cercetat efectul unei asemenea instalaţii deja existente la cazanul MAN de 510 t/h din CET Işalniţa.

Aerul de insuflare (cald) este preluat din colectorul comun, care alimentează arzătoarele de cărbune, de gaz şi coloana de aspiraţie a morii. Un canal descendent, prevăzut cu o clapă, conduce aerul, ramificîndu-se în zona pîlniei reci în alte două canale; acestea se racordează apoi la colectoarele amplasate pe fiecare parte a pîlniei. Aerul pătrunde în pîlnie printr-un număr de conducte orizontale, deasupra oglinzii de apă din cuva transportorului de zgură.

Experimentările făcute în scopul stabilirii eficienţei instalaţiei de insuflare a aerului terţiar au pus în evidenţă efectul unui debit de aer cu temperatura de 550K între 0 şi 50 000 m³/h (6% din debitul de aer al cazanului) asupra debitului de zgură căzută în pîlnie (de fapt asupra factorului de reţinere a focarului a_{zg}), asupra procentului de substanţe combustibile nearse regăsite în zgură (C_{zg}) şi deci asupra pierderilor de căldură ale cazanului prin ardere mecanic incompletă (q_4).

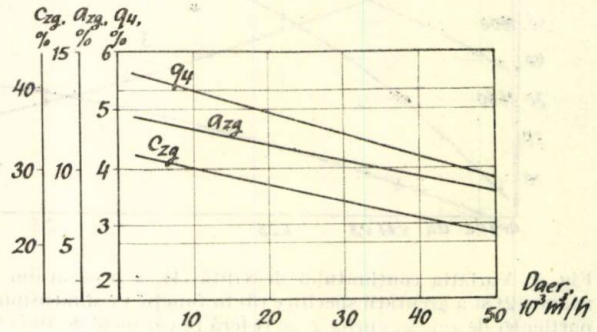


Fig. 6. Efectul insuflării aerului terţiar în pîlnia rece a cazanului MAN de 510 t/h asupra conţinutului de nearse în zgură (C_{zg}), factorului de reţinere al focarului (a_{zg}) şi pierderilor de căldură (q_4).

În figura 6 este prezentat modul în care debitul de aer insuflat influenţează mărimile a_{zg}, C_{zg} şi q_4. Creşterea de randament obţinută la un debit mare de aer insuflat este de aproximativ 1,4% şi se datorează micşorării conţinutului de nearse de la valori de circa 35% la valori de circa 25% şi a factorului de reţinere a focarului de la 12—13% la aproximativ 9%. În figura 7 se prezintă modul în

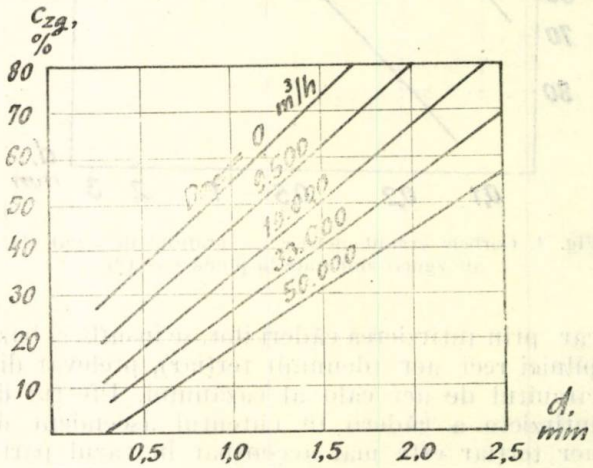


Fig. 7. Variaţia conţinutului de nearse în zgură în funcţie de dimensiunea particulelor de zgură, pentru diferite valori ale debitului de aer terţiar.

care conţinutul de nearse în zgură variază în funcţie de dimensiunea particulelor de zgură, pentru diferite valori ale debitului de aer terţiar insuflat.

Odată cu creşterea debitului de aer terţiar, particulele de zgură de dimensiuni mai mici sînt suflate spre focar şi de aici spre traseul convectiv al gazelor de ardere şi din această cauză probele de zgură prelevate prezintă un diametru caracteristic din ce în ce mai mare.

Așa cum reiese din figura 8 probele de zgură prelevate fără insuflare de aer terțiar au diametrul caracteristic 0,85 mm, probele cu insuflare de aer cu debit de 38000 m³/h au diametrul caracteristic 1,1 mm, iar cele cu insuflare

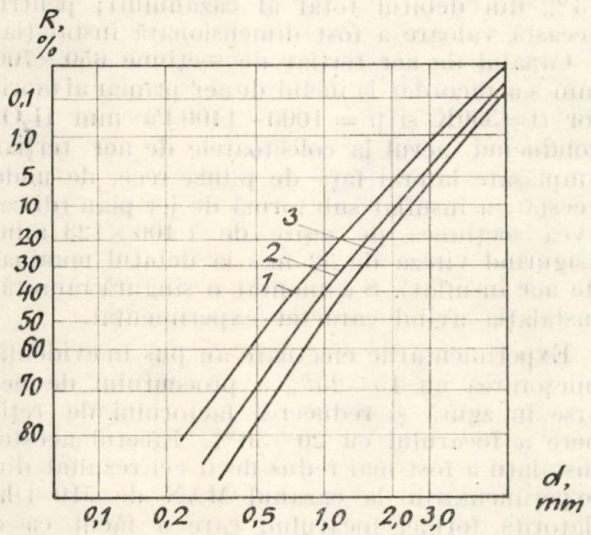


Fig. 8. Curbele granulometrice ale probelor de zgură prelevate, la diferite debite ale aerului terțiar: 1 — $D_{aer} = 0$; 2 — $D_{aer} = 38000$ m³/h; 3 — $D_{aer} = 50000$ m³/h.

maximă au diametrul caracteristic 1,2 mm. Pe măsura creșterii debitului insuflat curbele granulometrice au panta mai mare dovedind o omogenitate mai bună, fapt explicabil datorită dispariției treptate a particulelor mai fine.

Experimentările pe cazanul MAN au dovedit eficiența instalației de insuflare a aerului terțiar și pe baza lor s-a decis proiectarea și realizarea unor instalații asemănătoare și la alte cazane [3,4].

3. Experimentări pe stand cu model bidimensional cu apă și tridimensional cu aer

Prin calcul s-a stabilit că pentru cazanul G330/370 cu focar cu flacără întoarsă (fig. 9, poz. 12) jetul plan este cel mai potrivit pentru instalația de insuflare a aerului terțiar în pîlnia rece. Deoarece cazanul MAN, pe care s-au efectuat experimentările prezentate mai sus, are o alcătuire clasică în formă de π, fără circulație de gaze în zona pîlniei, pentru cazanul G330/370, care în zona pîlniei reci are circulație de gaze, s-a considerat necesar să se facă mai întîi cercetări pe model, care să permită stabilirea poziției duzelor și direcției jeturilor de aer terțiar, pentru ca efectul acestuia asupra particulelor de zgură să fie maxim.

Alegerea greșită a poziției jetului ar fi putut determina antrenarea aerului terțiar spre drumul II al gazelor de ardere, fără ca aceasta să contribuie la mărirea timpului de staționare a particulelor în focar și deci la prelungirea procesului de ardere a acestora.

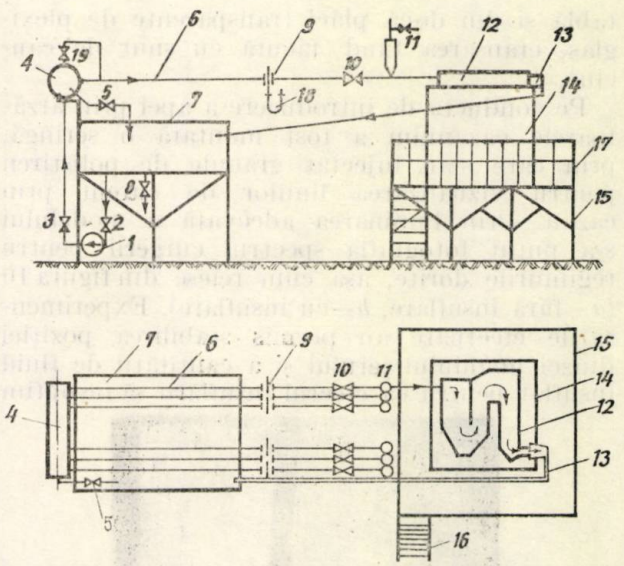


Fig. 9 Elementele standului de modelare bidimensională cu apă (vedere frontală și orizontală): 1 — electropompă; 2 — ventil pe conducta de aspirație; 3 — ventil pe conducta de refulare; 4 — distribuitor; 5 — ventil de golire; 6 — conducte de legătură; 7 — rezervor de apă; 8 — ventil de golire a rezervorului; 9 — diafragmă de măsură; 10 — ventil de reglare a debitului de apă către model; 11 — dozator de granule; 12 — model al cazanului G330 (bidimensional); 13 — canal de recirculare apă; 14 — masă de susținere a modelului; 15 — stelaj din profile metalice; 16 — scară; 17 — balustrada platformei; 18 — tub U cu mercur; 19 — ventil de aerisire a distribuitorului.

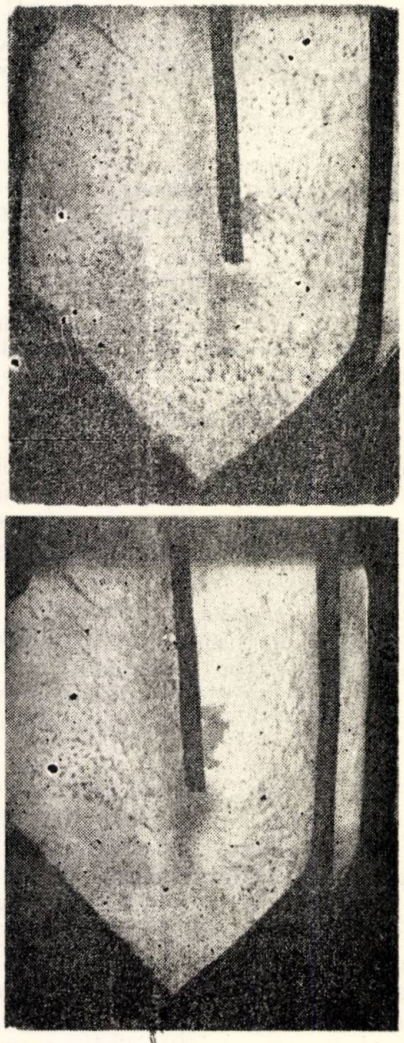
Experimentările efectuate pe modelul tridimensional al cazanului G330/370 au permis studierea efectului insuflării asupra: segregării particulelor de praf modelate prin granule de polistiren în pîlnia rece (factorul de reținere al focarului se diminuează cu 50%) și fineței prafului captat în pîlnie (cu insuflare finețea este mai grobă). De asemenea, s-a analizat efectul presiunii aerului insuflat asupra factorului de reținere și asupra granulometriei prafului.

Pe standul cu apă, a cărui schemă este prezentată în figura 9, s-au făcut experimentări pe modelul bidimensional al cazanului G330/370. Modelul (12) reprezintă o „felie" din cazanul real, redusă la scara 1/30. Standul cu apă dă posibilitatea să se vehiculeze pe model o cantitate de apă suficientă pentru realizarea similitudinii cu cazanul real. Pentru studierea aspectelor de curgere prin model este suficientă respectarea similitudinii geometrice a cazanului (cu respectarea criteriului Thring—Newby pentru arzătoarele cazanului) și similitudinii dinamice. În cadrul similitudinii dinamice se iau în considerație criteriile Reynolds și Froude. Valoarea numărului Re pe model ($3-5 \cdot 10^4$), cu toate că a fost mai mică decît cea din cazanul la scară naturală ($3{,}5 \cdot 10^5$) asigură similitudinea, întrucît se găsește în domeniul de automodelare.

Modelul, reprezentînd o „felie" de cazan cu lățimea de 60 mm, a fost confecționat din

tablă și din două plăci transparente de plexiglas, etanșarea fiind făcută cu șnur de cauciuc.

Pe conducta de introducere a apei prin arzătoarele cazanului a fost montată o seringă, prin care s-au injectat granule de polistiren pentru vizualizarea liniilor de curent prin cazan. Prin luminarea adecvată a modelului s-a putut fotografia spectrul curgerii pentru regimurile dorite, așa cum reiese din figura 10 (*a*—fără insuflare, *b*—cu insuflare). Experimentările efectuate au permis stabilirea poziției diuzei unghiului jetului și a cantității de fluid insuflat pentru ca efectul insuflării să fie optim



a

b

Fig. 10 Spectrul curgerii în focarul cazanului G 330/370 din CET Işalniţa. Imagini obţinute prin fotografierea modelului bidimensional cu apă: a) fără suflare în pîlnia rece; b) cu insuflare din dreapta a unui debit reprezentînd 10% din debitul total de fluid care străbate focarul.

4. Exemple de instalații de insuflare a aerului terțiar la cazane de abur cu debit mare, funcționînd cu lignit

Prima instalaţie de insuflare a aerului terţiar în pîlnia rece a cazanului a fost montată la cazanul nr. 3 din CET Işalniţa. Experimentările au arătat că în pîlnia rece a acestui cazan cad 8 t/h zgură, cu aproximativ 40% nearse. Prin calcul şi prin experimentări pe model s-a stabilit debitul de aer de insuflare la valoarea de 50000 Nm^3/h (aproximativ 13% din debitul total al cazanului); pentru această valoare a fost dimensionată instalaţia.

Canalul de aer terţiar de secţiune 650 ×700 mm s-a racordat la inelul de aer primar al morilor (t=550K şi p = 1000—1400 Pa mm H_2O) conducînd aerul la colectoarele de aer terţiar amplasate lateral faţă de pîlnia rece, de unde acesta s-a insuflat sub formă de jet plan (diuza avea secţiunea de ieşire de 1 400 ×123 mm, asigurînd viteza de 32 m/s la debitul nominal de aer insuflat). S-a montat o singură ramură, instalaţia avînd caracter experimental.

Experimentările efectuate au pus în evidenţă micşorarea cu 15—25% a procentului de nearse în zgură şi reducerea factorului de reţinere a focarului cu 20—30%. Efectul acestei instalaţii a fost mai redus decît cel rezultat din experimentările la cazanul MAN de 510 t/h, datorită formei focarului, care a făcut ca o parte din aer să fie, imediat după insuflare, antrenată spre drumul II al gazelor de ardere, neparticipînd la definitivarea arderii particulelor căzătoare în pîlnia rece.

Instalaţia de insuflare montată la cazanul nr. 1 de 645 t/h din CTE Rovinari (proiectată să insufle prin diuze de secţiune rotundă amplasate orizontal, un debit de aer terţiar de 90 000 Nm^3/h pentru o cantitate de zgură de 22 t/h) a fost racordată iniţial la inelul de aer primar al morilor însă, datorită presiunii disponibile scăzute, debitul de aer terţiar s-a dovedit a fi foarte mic, iar eficienţa instalaţiei redusă. De aceea, s-au prevăzut ventilatoare proprii de aer terţiar, cu ajutorul cărora se putea insufla un debit de aer de pînă la 20% din debitul de aer al cazanului. La montarea grătarelor de postardere această instalaţie a servit ca instalaţie de aer proprie a grătarului. Experimentările pentru determinarea eficienţei instalaţiei, efectuate împreună cu cele pentru grătar, au evidenţiat aportul insuflării de aer terţiar de 2—3 procente absolute la creşterea randamentului cazanului.

Efectul principal al insuflării a fost reducerea cantităţii de zgură colectată la pîlnia focarului ilustrată prin micşorarea factorului de reţinere a focarului de la 12% la aproximativ 6%.

În figura 11 *a* se prezintă curbele granulometrice ale probelor de zgură prelevate fără insuflare de aer terţiar (şi cu grătar oprit) şi cu insuflare (grătar în funcţiune). Se observă că diametrul caracteristic al particulelor de zgură creşte de la 1,2 mm la 2,5 mm cînd se insuflă aer terţiar. Procentul de nearse în zgură a ajuns, în perioada experimentărilor, la 20—30% faţă de 40—48% cît era iniţial.

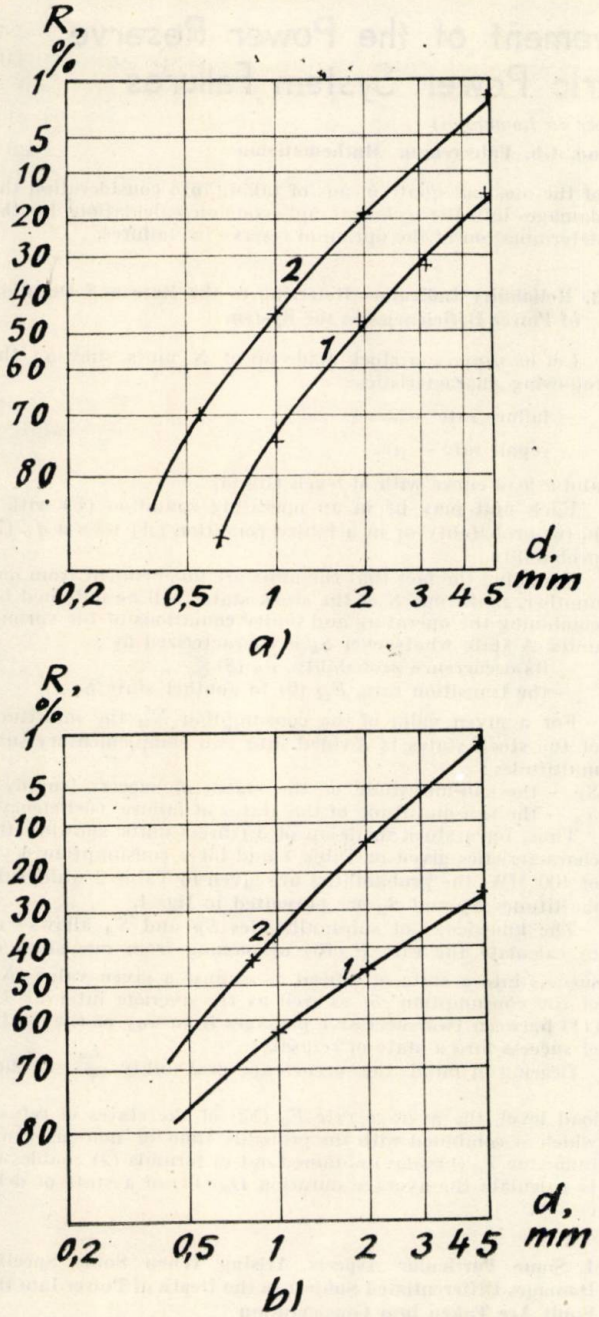


Fig. 11. Curbele granulometrice ale probelor de zgură prelevate din pîlnia rece a cazanului nr. 1 de 645 t/h din CTE Rovinari(a) şi a cazanului nr. 4 de 1035 t/h din CTE Turceni (b) cu funcţionarea instalaţiei de insuflare a aerului terţiar (1) şi fără (2).

Evidenţierea efectului insuflării de aer în pîlnia rece s-a făcut şi la cazanul nr. 4 de 1035 t/h din CTE Turceni dotat cu grătar de postardere [5], la care, prin oprirea aerului terţiar, s-a ajuns atît la mărirea factorului de reţinere a focarului de la 2—4% la 6,5—8,5%, cît şi la creşterea accentuată a procentului de nearse în zgură de la 15—25% la 50—60%.

Dacă ultimul dintre aceste efecte apare, în principal, datorită grătarului de postardere, variaţia factorului de reţinere a focarului se explică numai prin acţiunea insuflării de aer terţiar.

Din figura 11 *b* reiese că diametrul caracteristic (determinat cu ajutorul curbei granulometrice a probelor) al particulelor de zgură prelevate cînd este insuflat aer terţiar (d=3mm), este mult mai mare decît diametrul caracteristic al probelor prelevate cînd nu este insuflat aer terţiar (d=1 mm). Această experienţă a confirmat, o dată în plus, efectul insuflării de aer terţiar asupra randamentului cazanului, efect cu atît mai puternic cu cît instalaţia de insuflare a aerului terţiar însoţeşte şi serveşte grătarul de postardere.

Cazanele la care în exploatare se constată un conţinut de nearse în zgură cu valori relativ reduse, sau care nu au spaţiul disponibil necesar montării unui grătar de postardere, sau la care acest spaţiu s-ar putea crea numai prin modificări prea costisitoare ale pîlniei reci, pot fi dotate eficient cu instalaţii de insuflare a aerului terţiar în pîlnia rece, asigurîndu-se, pe această cale, o creştere a randamentului cazanului cu 1—3%.

5. Concluzii

În preocuparea de îmbunătăţire a randamentului cazanelor care funcţionează cu combustibil solid inferior, instalaţiile de insuflare a aerului terţiar în pîlnia rece, experimentate la cazanele de 510 t/h şi 370 t/h din CET Işalniţa, 645 t/h din CTE Rovinari şi 1035 t/h din CTE Rovinari şi Turceni, permit reducerea pierderilor de căldură prin ardere mecanic incompletă cu 1—3%. Aceste instalaţii devin mai eficiente cînd sînt montate împreună cu grătarele de postardere.

Dacă la cazanele aflate deja în funcţiune nu se găseşte, ori nu se poate crea, spaţiu suficient pentru montarea grătarului de postardere, dacă amplasarea grătarului necesită modificări esenţiale ale pîlniei reci, ori dacă valoarea redusă a nearselor din zgură nu justifică investiţia pentru instalaţia unui grătar de postardere, atunci instalaţia de insuflare a aerului terţiar poate fi luată în considerare separat, dovedindu-se o soluţie economică.

Bibliografie

[1] Chercea, G., Rădulescu, M. şi Roşu, A.: *Reducerea pierderilor de căldură prin ardere mecanic incompletă la cazanele de abur funcţionînd cu lignit*, Energetica 31, nr. 5, 1983, pag. 229—234.

[2] * * * *Verificarea pe cazane MAN a eficienţei insuflării de aer în pîlnia rece a focarului şi aplicarea soluţiei la cazanele de 330 şi 370 t/h din CET Işalniţa.* Lucrare ICEMENERG—1974.

[3] * * * *Cercetarea experimentală a efectului insuflării de aer în pîlnia rece a focarului cazanului de 370 t/h din CET Işalniţa.* Lucrare ICEMENERG — 1978.

[4] * * * *Cercetări în scopul determinării efectului insuflării de aer în pîlnia rece a focarului cazanului de 645 t/h din CTE Rovinari.* Lucrare ICEMENERG — 1977.

[5] * * * *Probe la grătarul de postardere şi morile cazanului nr. 4 de 1035 t/h din IE Turceni.* Lucrare ICEMENERG — 1982.

(Primit la 4 martie 1983, acceptat la 27 mai 1983)

Some Contributions to the Improvement of the Power Reserve Dimensioning Criteria for Electric Power System Failures

(Condensed from the paper in Romanian)

N. Armencoiu, Eng. Dr. M. Stein, Dipl. Eng. Gh. Vâlcereanu, Mathematician

Introduction

The ever greater demands of electric energy of the national economy called for an impetuous development of the national power system which cannot be thought of without its optimization on the basis of substantiated scientific criteria.

This paper sets to itself the task to briefly describe the present-day dimensioning criteria of the power reserve for failures and to present new elements concerning a more accurate assessment of the rate of power deficiency states and of the damages caused by the non-satisfaction of electric energy demand.

1. Marks Used (which were not explained in the paper)

$N^{eu}(N^{eu}_{max})$ — power which may be effectively used (maximum),

$N^{c}(N^{c}_{max})$ — required power (maximum),

E_c — required energy,

$P(x)$ — probability $\{N^{eu} = x\}$,

$L(x)$ — probability $\{N^{c} > x\}$.

2. Reliability Indicators Used at Present When Sizing the Power Rerserve for Failures

The optimum value of the power reserve for failures is yielded by some technical and economic calculations where, on the one hand, the up-dated investment expenditures I intervene as well as the operation expenditures E, while, on the other hand, the updated cost D of the damages caused by the lack of supply of electric energy are involved too (fig. 1).

The calculation of investment and operation expenditures does not constitute the object of this paper ; the determination of the cost of damages due to the non-supply of electric energy to consumers supposes the existence of some mathematical models that can quantify the reliability of electric energy supply to consumers and the adoption of an average value of the specific damages (lei/kWh).

At present we boast the VERABIC /1/ computation model and programme which, for a given alternative of the group stock and of a known variation curve of the consumption, will calculate the following indicators of the reliability (deficiency) of electric energy supply to consumers (fig. 2) :

— the P_a probability of ensuring the peak load (monthly, annually), (formula 1) ;

— the T_d probable non-ensurance time (2), which is equivalent to the LOLP (Loss of Load Probability) index used in the English-written literature ;

— the E_d (3) probably non-supplied energy which, multiplied by the cost of specific damages (lei/kWh non-supplied) will intervene into the calculations for the determination of the optimum value of the power reserve for failures ;

— degree G to which the required energy is satisfied (4), which is equivalent to the EIR index (Energy Index of Reliability) used in the English-written literature /3/ and the complement of the discontinuity index (Indice de discontinuité) (5) which appears in the French language literature /4/.

The value of index G, corresponding to the optimum failure reserve (fig. 1) and it is of about 99.95 for the characteristics of the Romanian power system for the 1980—1985 span, under the conditions of an interconnected operation.

It is noticed that these reliability (or system deficiency) indices do not offer an information on the number (frequency) of cases during which the production does not meet the electric energy demand as it also does not give an information on the average duration of such cases.

Furthermore, there are also other aspects which call for a more deep going approach such as, for instance, the discovery of the most adequate means of taking into consideration the damages into the technical and economic calculations for the determination of the optimum reserve for failures.

3. Reliability Indicators Referring to the Rate and Duration of Power Deficiencies in the System

Let us suppose a stock made up of N units showing the following characteristics :

— failure rate — λi

— repair rate — μi

and a load curve with M levels (fig. 3).

Each unit may be in an operating condition (F) with a p_i (6) probability or in a faulty condition (A) with a q_i (7) probability.

Assuming the fact that the units are independent from one another, multitude S of the stock states will be obtained by combining the operating and faulty conditions of the various units. A state whatsoever S_k is characterized by :

— its occurrence probability, a_k (8) ;

— the transition rate, F_{kl} (9) to another state S_l.

For a given value of the consumption N^c_m the multitude of the stock states is divided into two complementary sub-multitudes :

S_F — the sub-multitude of the states of success (supply) ;

S_A — the sub-multitude of the states of failure (deficiency).

Thus, for a stock made-up of 3 (three) units showing the characteristics given in Table 1 and for a consumption level of 400 MW, the probabilities are given in Table 2 while sub-multitudes S_F and S_A are presented in fig. 4.

The knowledge of sub-multitudes S_F and S_A allows us to calculate the rate F (10) of passing from one state of success into a state of refusal as against a given value N^c_m of the consumption /5/ as well as the average interval T_m (11) between two successive passages from any of the states of success into a state of refusal.

Bearing in mind the occurrence probability $\frac{t_m}{T}$ of each load level, the average rate F_d (12) of the states of refusal which — combined with the probable time of non-ensurance indicator T_d (hrs/day) obtained out of formula (2) enables us to calculate the average duration D_d (13) of a state of deficiency.

4. Some Particular Aspects Arising When Some Specific Damages Differentiated Subject to the Depth of Power into the Fault Are Taken into Consideration

The principle of optimizing the total up-dated cost C (fig. 1) supposes the assessment of the damages caused to consumers by not supplying electric energy, on the basis of a specific cost of the latter.

At present, in Romania, we work with an average value of the specific damages which is about 50 times greater than the average cost of the energy produced over the entire system, during the analysed period, while in a range of countries such as the GDR, Hungary, etc. an average cost α_0 of the kWh non-supplied is associated to the probably non-supplied energy, this being determined as a ratio between the value of the overall annual production and the electric energy consumed for its generation.

However, in this paper it is demonstrated — on the basis of a numerical example — that the average cost of a non-supplied kWh is not always and beforehand independent from the magnitude of the power deficiency at which electric energy is not supplied and that the taking into consideration of this aspect may considerably influence the amount of the reserve power within the system.

Thus, the lack of supply of electric energy may bear different consequences on the consumers, subject to their specific character and their contribution to the realization of the national revenue.

There are consumers whose activity may be delayed or recovered in the course of time (the food industry, light industry, etc.) but, there are others for which the interruption of the technologic process leads not only to the loss of the raw material which is being processed (the refrigeration industry, the medical drug industry, etc.) but, it may also endanger the good operation of the equipment (the iron and steel industry, the chemical industry, etc.).

Starting from this requisite, a certain hierarchy of the consumers may be established, this having as prime consequence the bedding of the load curve in several areas, each of them boasting a specific cost of damages α differing from one another (fig. 5).

On the other hand, the average value of the specific damages implicitly depends on the reliability of the system units also from the aspects taken into consideration.

Thus, if the units show reliability, apart from the fact that the non-available energy will be less, the power which is probably failing will be smaller and it will affect only the top layers of the load curve which comply with a small or even null specific cost of damages.

If — in exchange — the units show a low reliability, the probably failing energy will be high, and — consumers located in deeper areas of the load curve will have to be sacrificed, the specific cost of damages being high for these.

The present-day method of considering the specific cost of damages as a constant or even as a ratio between the annual overall production and the overall energy consumption cannot include these aspects, thus calling for a new approach of the way of dealing with specific damages with a view to correlating them with the magnitude of the deficiency and the stock reliability.

It is worth mentioning that the additional investment made necessary by the increase in reliability of the units will be recovered by the reduction — in absolute value — of the energy not supplied to consumers, as well as by the assignment of some load curve areas characterized by small specific damages; the precise value of this additional investment will ensure subsequent to an economic computation which will take into consideration the above elements.

5. Possibility of Avoiding a Firm Value of the Specific Cost of Damages in the Economic Calculations

Bearing in mind the complexity of the problem concerning the adoption of a firm value of the specific cost of damages in economic calculations for the optimization of the power reserve in case of failures, in this chapter, it has been suggested as a reserve solution, to adopt the idea of implicit cost of the deficiency unit /4, 6/ associated to a development solution which represents the financial effort required in order to avoid one deficient kWh.

This enables the determination of some ranges of validity of the development solutions of the system (fig. 8) varying according to the implicit cost of the deficiency.

In reality a development solution may bear the minimum cost inside a range of values (α_1, α_2) of the implicit cost of the deficiency which is sufficiently large as not to leave a doubt on the solution that has to be retained as optimum.

Creşterea siguranţei în funcţionare a sistemului energetic şi a elementelor acestuia

Contribuţii la perfecţionarea criteriilor de dimensionare a rezervei de putere pentru avarii în sistemele electroenergetice

Dr. ing. N. Armencoiu, ing. M. Stein, mat. Gh. Vâlcereanu*

Introducere

Cerinţele mereu crescînde de energie electrică ale economiei naţionale au determinat o dezvoltare intensă a sistemului electroenergetic naţional (SEN), care nu se poate concepe în afara optimizării, pe baza unor criterii ştiinţifice, fundamentate.

Articolul de faţă îşi propune descrierea sumară a criteriilor actuale de dimensionare a rezervei de putere pentru avarii şi prezentarea de noi elemente care vizează estimarea mai exactă a frecvenţei stărilor de deficit de putere şi a daunelor cauzate de nesatisfacerea cererii de energie electrică.

1. Notaţii utilizate

N : numărul total de grupuri,
λ_i : intensitatea de avariere a grupului i,
μ_i : intensitatea de reparare a grupului i,
p_i : probabilitatea de funcţionare a grupului i,
q_i : probabilitatea de avariere a grupului i,
$N^{eu}(N^{eu}_{max})$: puterea efectiv utilizabilă (maximă),
N^c (N^c_{max}) : puterea cerută (maximă),
E_c : energia cerută,
M : numărul de paliere ale curbei de sarcină,
T : perioada de studiu,
t_m : durata palierului m al curbei de sarcină

$$\left(\sum_{m=1}^{M} t_m = T\right),$$

$P(x)$: probabilitatea $\{N^{eu} = x\}$,
$L(x)$: probabilitatea $\{N^c > x\}$,
$A(x)$: energia neasigurată cînd $N^{eu} = x$,
S : mulţimea stărilor posibile ale parcului de grupuri,
S_F : mulţimea stărilor S_k de succes în raport cu o valoare dată N^c_i a consumului,
S_A : mulţimea stărilor S_l de insucces (deficit) în raport cu o valoare dată N^c_i a consumului,
a_k : probabilitatea de realizare a stării S_k,
Fkl : frecvenţa de trecere din starea S_k în starea S_l,

* Autorii lucrează la ISPE.

I : costul de investiţii actualizat,
E : cheltuieli de exploatare actualizate,
D : costul actualizat al daunelor produse de nealimentarea consumatorilor cu energie electrică,
C : costul total actualizat,
α : costul specific al daunelor (daune medii specifice),
P_a : probabilitatea de asigurare a vîrfului de sarcină,
T_d : timpul probabil de neasigurare (a energiei electrice),
E_d : energia probabil nelivrată,
G : gradul de satisfacere a energiei cerute,
$R=1-G$: indice de discontinuitate în alimentarea cu energie electrică,
F_m : frecvenţa de trecere dintr-o stare de succes în una de insucces (în raport cu puterea cerută N_m^c),
T_m : intervalul mediu între două treceri succesive dintr-o stare de succes într-o stare de insucces,
F_d : frecvenţa medie a stărilor de deficit,
D_d : durata medie a unei stări de deficit.

2. Indicatori de siguranţă utilizaţi în prezent la dimensionarea rezervei de putere pentru avarii

Valoarea optimă a rezervei de putere pentru avarii rezultă în urma unor calcule tehnico-economice, în care intervin, pe de o parte, cheltuielile de investiţie şi exploatare, care cresc pe măsura creşterii rezervei de putere din sistem, şi, pe de altă parte, daunele produse prin nelivrarea energiei electrice cerute, care scad pentru valori mari ale rezervei de putere (fig. 1).

Calculul cheltuielilor de investiţie şi exploatare nu face obiectul prezentului articol; determinarea costului daunelor datorate nelivrării energiei electrice presupune existenţa unor modele matematice capabile să cuantifice nivelul de siguranţă în alimentarea cu energie electrică a consumatorilor.

În ISPE există modelul matematic VERABIC şi programul de calcul corespunzător [1] care, pentru o variantă dată a parcului de grupuri energetice şi o curbă cunoscută de variaţie a consumului, calculează următorii indicatori de siguranţă (deficienţă) în alimentarea cu energie electrică a consumatorilor (fig. 2):

— probabilitatea de asigurare a vîrfului (lunar, anual) de sarcină:

$$P_a = \sum_{x \geqslant N^c_{max}} P(x) \qquad (1)$$

— timpul probabil de neasigurare:

$$T_d = T \cdot \sum_{x=0}^{N^c_{max}} L(x) \cdot P(x) \qquad (2)$$

Acest indicator este echivalent cu indicele LOLP „loss of load probability", utilizat în literatura de specialitate de limba engleză şi considerat impropriu ca fiind o probabilitate; în realitate el defineşte timpul mediu (zile/an) în care sarcina depăşeşte puterea efectiv utilizabilă a parcului de grupuri [2, 3].

— Energia probabil nelivrată:

$$E_d = \sum_{x=0}^{N^c_{max}} A(x)\, P \cdot (x) \qquad (3)$$

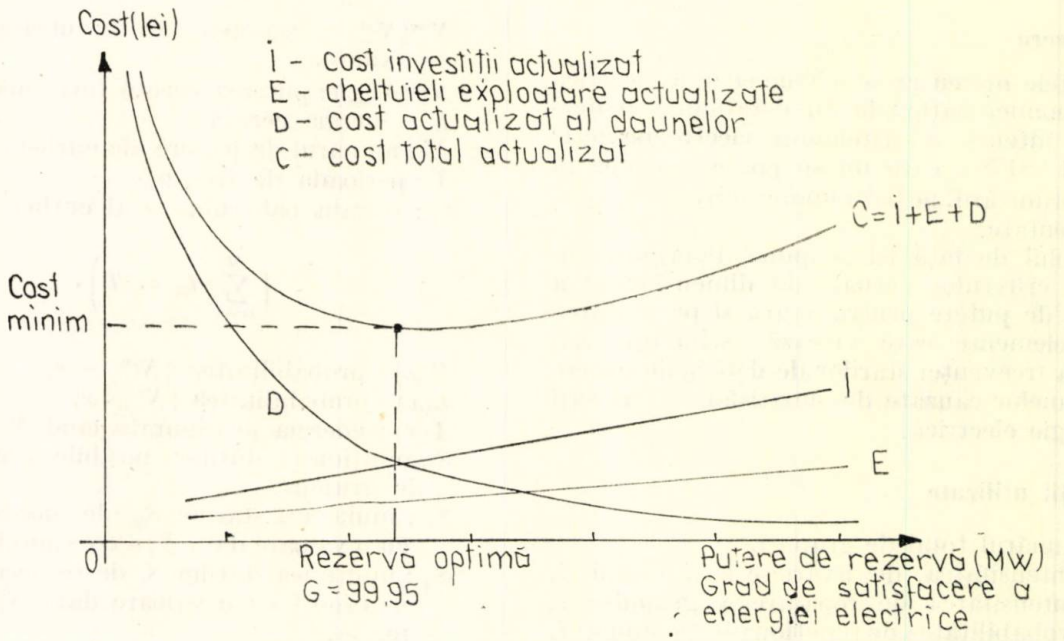


Fig. 1. Determinarea valorii optime a rezervei de putere pentru avarii: I — cost investiţii actualizat; E — cheltuieli exploatare actualizate: D — cost actualizat al daunelor; C — cost total actualizat. (Determination of the power reserve optimum value: I — updated investment expenditures; E — updated operation expenditures; D — updated cost of the damages; C — total updated cost).

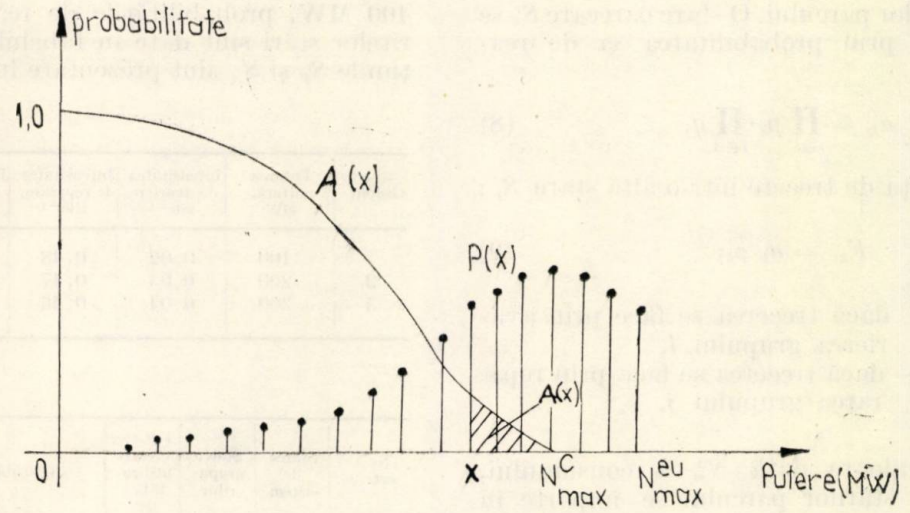


Fig. 2. Calculul indicatorilor de siguranță. (Reliability indices calculation).

Dacă energiei probabil nelivrate i se asociază o valoare medie a daunelor specifice (lei/kWh) produse prin nelivrarea energiei cerute se obține costul D al daunelor care se pun în cumpănă cu cheltuielile de investiție și exploatare, în vederea determinării valorii optime a rezervei de putere pentru avarii.

— Gradul de satisfacere a energiei cerute :

$$G = \frac{E_c - E_d}{E_c}, \ (\%) \tag{4}$$

care este echivalent cu indicele EIR („Energy Index of Reliability") utilizat în literatura de specialitate de limbă engleză [3] și complementarul indicelui de discontinuitate („indice de discontinuité") în alimentarea cu energie electrică :

$$R = 1 - G = \frac{E_d}{E_c}, \tag{5}$$

care apare în literatura de limbă franceză [4].

Valoarea indicelui G corespunzătoare rezervei de avarie optime (fig. 1) pentru caracteristicile sistemului nostru electroenergetic la nivelul anilor 1980—1985, în condițiile funcționării interconectate, este de circa 99,95.

Se observă că acești indici de siguranță (sau deficiență) a sistemului nu oferă nici o informație asupra numărului (frecvenței) cazurilor în care producția nu acoperă cererea de energie electrică și nici asupra duratelor medii ale unor asemenea cazuri.

De asemenea, există și alte aspecte care necesită o tratare mai aprofundată, ca, de exemplu, găsirea celor mai adecvate mijloace de luare în considerare a daunelor în calculele tehnico-economice de determinare a rezervei optime pentru avarii.

3. Indicatori de siguranță, referitori la frecvența și durata deficitului de putere din sistem

Fie un parc format din N grupuri cu următoarele caracteristici :

— intensitățile de avariere λ_i ;

— intensitățile de reparare μ_i

și o curbă de sarcină în M paliere (fig. 3).

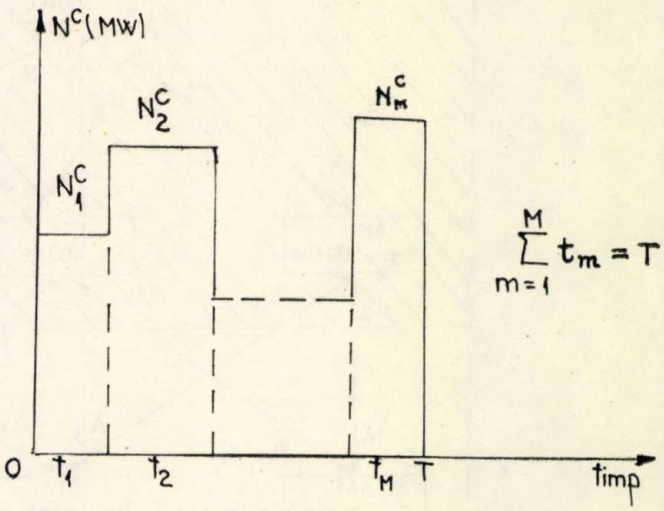


Fig. 3. Curba de sarcină. (Load curve).

Fiecare grup se poate afla în stare de funcționare (F) cu probabilitatea :

$$p_i = \frac{\mu_i}{\lambda_i + \mu_i} \tag{6}$$

sau în stare de avarie (A) cu probabilitatea :

$$q_i = \frac{\lambda_i}{\lambda_i + \mu_i} \tag{7}$$

Din combinarea stărilor de funcționare și avarie ale diferitelor grupuri se obține mul-

ţimea S a stărilor parcului. O stare oarecare S_k se caracterizează prin probabilitatea sa de realizare :

$$a_k = \prod_{i \in F} p_i \cdot \prod_{j \in A} q_j \qquad (8)$$

şi prin frecvenţa de trecere într-o altă stare S_l :

$$F_{kl} = a_k \, \rho_{kl} \qquad (9)$$

unde

$$\rho_{kl} = \begin{cases} \lambda_i & \text{— dacă trecerea se face prin avarierea grupului } i, \\ \mu_j & \text{— dacă trecerea se face prin repararea grupului } j. \end{cases}$$

Pentru o valoare dată N_m^c a consumului, mulţimea S a stărilor parcului se împarte în două submulţimi complementare :

S_F — submulţimea stărilor S_k pentru care $N^{eu} \geqslant N_m^c$ (stări de succes sau alimentare) ;

S_A — submulţimea stărilor S_l pentru care $N^{eu} < N_m^c$ (stări de insucces sau de deficit).

Astfel, spre exemplificare, pentru un parc compus din trei grupuri cu caracteristicile din tabelul 1 şi pentru un palier de consum de 400 MW, probabilităţile de realizare ale diferitelor stări sînt date în tabelul 2, iar submulţimile S_F şi S_A sînt prezentate în figura 4.

Tabelul 1

Grupul	Puterea unitară, MW	Intensitatea de avariere, zile^{-1}	Intensitatea de reparare, zile^{-1}	Probabilitatea de avariere	Probabilitatea de funcţionare
1	100	0,02	0,48	0,04	0,96
2	200	0,03	0,47	0,06	0,94
3	300	0,04	0,46	0,08	0,92

Tabelul 2

Nr. crt.	Starea de sistem	Starea grupurilor	Puterea efectiv utilizabilă, MW	Probabilitatea de stare a_k
1	S_1	FFF	600	$a_1 = p_1p_2p_3 = 0,830208$
2	S_2	AFF	500	$a_2 = q_1p_2p_3 = 0,034592$
3	S_3	FAF	400	$a_3 = p_1q_2p_3 = 0,052992$
4	S_4	FFA	300	$a_4 = p_1p_2q_3 = 0,072192$
5	S_5	AAF	300	$a_5 = q_1q_2p_3 = 0,002208$
6	S_6	AFA	200	$a_6 = q_1p_2q_3 = 0,003008$
7	S_7	FAA	100	$a_7 = p_1q_2q_3 = 0,004608$
8	S_8	AAA	0	$a_8 = q_1q_2q_3 = 0,000192$

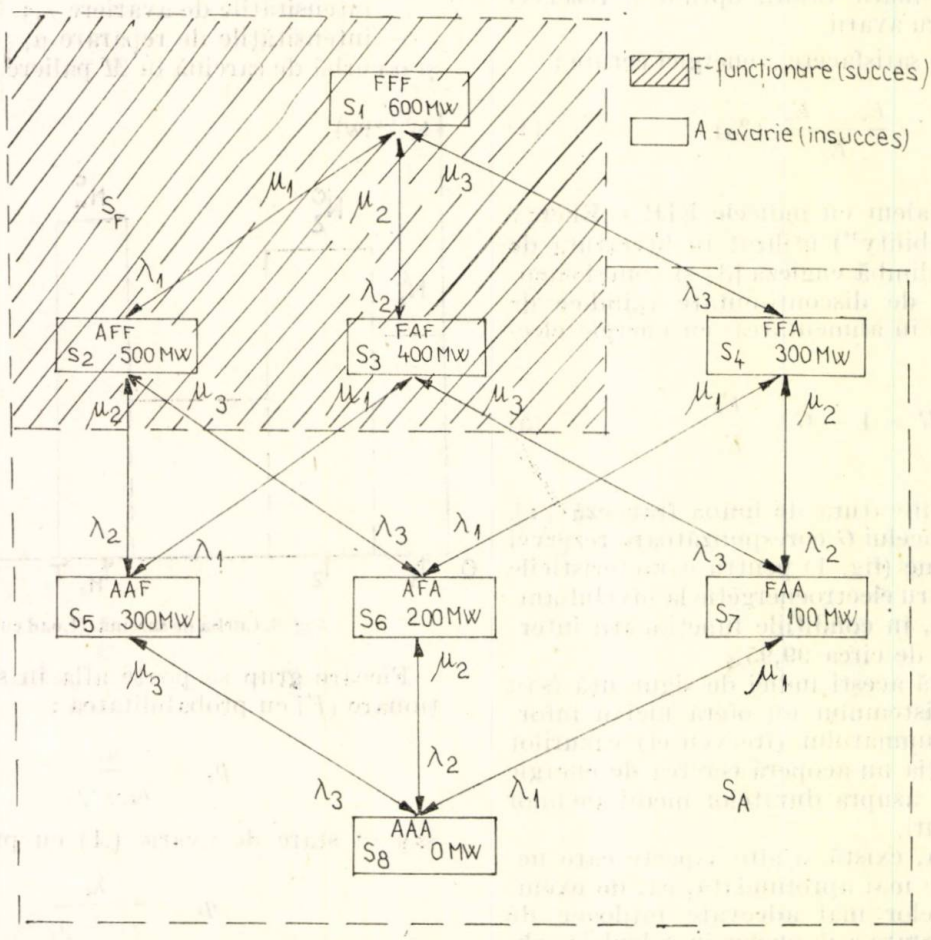


Fig. 4. Mulţimea stărilor parcului şi modul de trecere dintr-o stare în alta : F — funcţionare (succes) ; A — avarie (insucces). (Multitude of the stock states and the manner of passing from one state to another : F — operating condition ; A — faulty condition).

Cunoașterea submulțimilor S_A și S_F permite transformarea formulei (9) pentru determinarea frecvenței de trecere dintr-o stare de succes în una de insucces în raport cu o valoare dată N_m^c a consumului [5]:

$$F_m = \sum_{S_k \in S_F} a_k \cdot \lambda_{kl} \text{ (evenimente/zi)} \qquad (10)$$

unde:

$$\lambda_{kl} = \Sigma \lambda_i,$$

suma efectuîndu-se pentru mulțimea grupurilor care prin avariere fac ca sistemul să treacă din starea de succes S_k într-o stare de insucces.

Se obține, de asemenea, intervalul mediu între două treceri succesive din oricare dintre stările de succes într-una din stările de insucces:

$$T_m = \frac{1}{F_m} \text{ (zile)} \qquad (11)$$

Ținînd seama de probabilitatea $\frac{t_m}{T}$ de realizare a fiecărui palier de sarcină se deduce următorul indice sintetic al frecvenței medii a stărilor de deficit:

$$F_d = \sum_{m=1}^{M} \frac{t_m}{T} \cdot F_m = \frac{1}{T} \sum_{m=1}^{M} t_m \cdot F_m \text{ (evenimente/zi)} \qquad (12)$$

care, combinat cu indicatorul timp probabil de neasigurare — T_d (ore/zi) obținut cu formula (2), permite calculul duratei medii a unei stări de deficit:

$$D_d = \frac{T_d}{F_d} \text{ (ore/eveniment)} \qquad (13)$$

Pentru parcul de grupuri deja descris în tabelul 1 și o curbă la sarcină zilnică în patru paliere (tabelul 3) formulele (10) și (11) conduc la rezultatele numerice din tabelul 4.

Tabelul 3

Palierul de consum	Puterea cerută, MW	Durata palierului, ore
1	500	4
2	400	5
3	300	7
4	200	8

Frecvența medie a stărilor de deficit (relația 12) va fi:

$$F_d = \frac{4.0{,}060536 + 5.0{,}038809 + 7.0{,}007202 + 8.0{,}002208}{24} =$$

$$= 0{,}021011 \text{ evenimente/zi}$$

Știind că timpul probabil de neasigurare, calculat cu formula (2), este $T_d = 1{,}044888$ ore/zi, rezultă că durata medie a unei stări de deficit va fi:

$$D_d = \frac{1{,}044888}{0{,}021011} = 49{,}73 \text{ ore/eveniment}$$

Indicatorii de siguranță folosiți în prezent la dimensionarea rezervei de putere pentru avarii și-au dovedit valabilitatea și oportunitatea de-a lungul multor ani de utilizare.

Noii indici propuși, fără a-i contesta pe cei dintîi, au menirea de a-i completa cu noi informații privind frecvența și durata stărilor de deficit, ceea ce poate deveni foarte util și necesar în anumite situații conjuncturale.

Astfel, de exemplu, sistemele electroenergetice prezentate în tabelul 5, judecate numai pe baza indicatorilor actuali, ar părea să aibă aproximativ același nivel de siguranță, gradul de satisfacere a energiei electrice fiind puțin mai ridicat în cazul sistemului *2*. Dacă se iau însă în considerare și noii indicatori menționați mai sus, balanța înclină fără echivoc în favoarea sistemului *1*.

În cele ce urmează se vor scoate în evidență și alte aspecte privind modalitățile în care sistemul actual de preliminare a rezervei de putere pentru avarii poate fi completat în anumite situații specifice.

4. Aspecte specifice în cazul luării în considerare a unor daune specifice diferențiate în funcție de nivelul puterii în avarie

Principiul optimizării costului total actualizat C (fig. 1) presupune estimarea daunelor provocate consumatorilor prin nelivrarea energiei electrice, pe baza unui cost specific al acestora.

Tabelul 4

Puterea cerută, MW	Mulțimea stărilor S_F	Mulțimea stărilor S_A	Frecvența de trecere din stare de succes în stare de insucces, evenimente/zi	Intervalul mediu între două treceri succesive în stare de insucces, zile
500	*S1*, *S2*	*S3*, *S4*, *S5*, *S6*, *S7*, *S8*	$a_1(\lambda_2+\lambda_3)+a_2(\lambda_2+\lambda_3)=0{,}060536$	16,52
400	*S1*, *S2*, *S3*	*S4*, *S5*, *S6*, *S7*, *S8*	$a_1\lambda_3 + a_2(\lambda_2+\lambda_3) + a_3(\lambda_1+\lambda_3) = 0{,}038809$	25,77
300	*S1*, *S2*, *S3*, *S4*, *S5*	*S6*, *S7*, *S8*	$a_2\lambda_3 + a_3\lambda_3 + a_4(\lambda_1+\lambda_2) + a_5\lambda_3 = 0{,}007202$	138,85
200	*S1*, *S2*, *S3*, *S4*, *S5*, *S6*	*S7*, *S8*	$a_3\lambda_3 + a_4\lambda_2 + a_5\lambda_3 + a_6\lambda_2 = 0{,}002208$	452,89

Tabelul 5

Caracteristicile sistemului	Sistemul 1	Sistemul 2
Energia cerută : 200 MW × 24 ore	—	—
Puterea de vîrf (considerată constantă) : 200 MW	—	—
Configurația grupurilor	3×100 MW	2×150 MW
Intensitatea de avariere λ, zile^{-1}	0,03	0,01
Intensitatea de reparare μ, zile^{-1}	0,40	0,66
Probabilitatea de avarie q	0,07	0,014
Probabilitatea de funcționare p	0,93	0,986
Probabilitatea de asigurare a vîrfului P_a, %	98,60	97,22
Timpul probabil de neasigurare T_d, ore	0,34	0,66
Energia probabilă nelivrată E_d, MWh	44,850	33,835
Gradul de satisfacere a energiei cerute G, %	99,282	99,295
Frecvența de trecere dintr-o stare de succes în una de insucces $F_m = F_d$; evenimente/100 zile	~1,0	~2,0
Intervalul mediu între două treceri succesive din stare de succes în stare de insucces T_m, zile	91,76	51,43
Durata medie a unei stări de deficit D_d, ore/eveniment	30,86	34,32

În prezent, în țara noastră, se lucrează cu o valoare medie a daunelor specifice care este de 50 de ori costul mediu pe sistem al energiei produse în etapa analizată, iar într-o serie de țări socialiste ca : R.D.G., Ungaria etc. energiei probabil nelivrate i se asociază un cost mediu α_0 al kWh nelivrat ce se determină ca raport între valoarea producției globale anuale și energia electrică consumată pentru realizarea acesteia.

Vom demonstra însă, în continuare, că costul mediu al kWh nelivrat nu este totdeauna și apriori independent de profunzimea deficitului de putere la care se produce nelivrarea de energie electrică, depinzînd implicit de probabilitatea de avariere q a grupurilor din sistem și că luarea în considerație a acestui aspect poate influența într-un sens sau altul, în mod considerabil, mărimea puterii de rezervă din SEN.

Astfel, nealimentarea cu energie electrică poate avea consecințe diferite asupra consumatorilor, funcție de specificul și contribuția lor la realizarea venitului național.

Există consumatori a căror activitate poate fi decalată (irigații) sau recuperată în timp (producția de carbid, acetilenă etc.), după cum pentru alții întreruperea procesului tehnologic duce nu numai la pierderea materiei prime care se prelucrează (industria frigorifică, textilă, a medicamentelor etc.), dar poate pune în pericol chiar buna funcționare a utilajelor de producție (industria metalurgică, chimică etc.).

Pornind de la această premisă se poate stabili o anumită ierarhizare a consumatorilor, care are drept consecință stratificarea curbei de sarcină în mai multe zone, avînd fiecare un cost specific al daunelor α_i diferit (fig. 5).

Pentru o structură și o valoare dată a rezervelor de putere instalate în sistem dacă probabilitatea de avariere a grupurilor este mică (fiabilitatea ridicată), puterea probabilă în avarie va fi redusă și va afecta numai straturile superioare ale curbei de sarcină, corespunzătoare unor consumatori pentru care costul specific al daunelor este mic sau chiar nul.

Dacă, în schimb, fiabilitatea grupurilor este scăzută, puterea probabilă în avarie fiind mare,

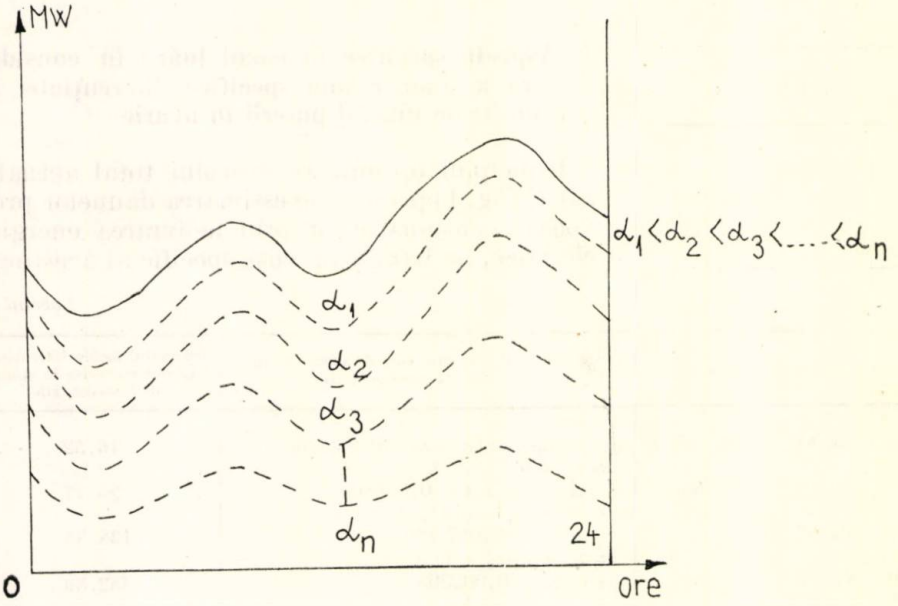


Fig. 5. Zone ale curbei de sarcină cu cost specific al daunelor diferit. (Areas of the load curve with different specific costs of the damages).

vor trebui sacrificați consumatori plasați în zone mai profunde ale curbei de sarcină, pentru care costul specific al daunelor este mare.

Modul actual de considerare a costului specific al daunelor ca pe o constantă sau chiar ca raportul între producția globală anuală și consumul global de energie electrică nu poate prinde însă acest aspect, al daunelor diferențiate în funcție de profunzimea deficitelor de putere, și care face ca costul specific al daunelor să depindă de fiabilitatea parcului de grupuri.

Consecințele acestei dependențe vor fi evidențiate prin următorul exemplu simplu :

Vom considera un palier de putere cerută de 500 MW constant de-a lungul întregului an. Această putere este asigurată printr-un parc de șase grupuri, avînd fiecare puterea unitară de 100 MW și următorii parametri de siguranță :

	probabilite avarie	probabilitate funcționare
varianta *1*	$q = 0{,}05$	$p = 0{,}95$
varianta *2*	$q = 0{,}15$	$p = 0{,}85$

Energia probabil nelivrată într-o anumită stare k a sistemului se va calcula cu formula :

$$E_d^k = a_k \cdot D_k \cdot T,$$

unde :

a_k este probabilitatea de realizare a stării de deficit k ;

D_k deficitul de putere, MW ;

$T = 8760$ ore.

Această energie poate fi transpusă sub formă valorică pe baza daunelor specifice din tabelul 6.

Tabelul 6

Zonele de deficit de putere, MW	Daunele specifice, lei/kWh
0—100	5
101—300	10
301—400	20
401—500	40

Dacă se iau în considerare cele două variante privind probabilitatea de avariere a grupurilor, se remarcă (din tabelul 7) că, pentru aceleași valori ale daunelor specifice pe zone de deficit de putere, se obțin valori diferite ($\alpha_0^1 \neq \alpha_0^2$) ale daunelor medii specifice, ceea ce probează dependența acestora de coeficientul de avariere q al grupurilor din sistem.

Dacă acest aspect ar fi neglijat, acceptîndu-se drept corectă valoarea daunei specifice $\alpha_0^2 = 5{,}98$ lei/kWh din varianta *2* și pentru energia probabilă nelivrată din varianta *1*, s-ar obține o valoare totală a daunelor :

$$5{,}98 \times 30.774.000 = 183{,}849 \text{ milioane lei}$$

cu 12% mai mare decît cea reală (163,913 mil. lei).

Dacă se presupune că daunele specifice din tabelul 6 reprezintă însăși valoarea producției realizate cu 1 kWh de energie electrică, se pot deduce în cazul nostru :

— producția globală anuală (PGA) :

$$PGA = (5 \times 100\,000 + 10 \times 200\,000 + 20 \times 100\,000 + 40 \times 100\,000) \times 8\,760 = 74\,460 \times 10^6 \text{ lei}$$

— consumul global de energie electrică (CGE) ;

$$CGE = 500\,000 \cdot 8\,760 = 4\,380 \times 10^6 \text{ kWh}$$

— valoarea daunelor specifice :

$$\alpha_0 = \frac{PGA}{CGE} = \frac{74\,460 \times 10^6}{4\,380 \times 10^6} = 17 \text{ lei/kWh},$$

care este mult mai mare decît valorile obținute în tabelul 7, pentru cele două variante referitoare la fiabilitatea grupurilor.

Din cele prezentate mai sus ar fi de reținut următoarele aspecte :

— valoarea daunelor specifice este dependentă de siguranța parcului de grupuri și de rezervele de putere instalate în sistem ; în cazul unui parc cu siguranță scăzută va trebui să se utilizeze o

Tabelul 7

Deficitul de putere, MW	Daunele specifice,[1] lei/kWh	Varianta *1* ($q = 0{,}05$)			Varianta *2* ($q = 0{,}15$)		
		Probabilitatea de stare a_k	Energia probabil nelivrată, MWh/an	Daunele, mil. lei	Probabilitatea de stare a_k	Energia probabil nelivrată, MWh/an	Daunele, mil. lei
100	5,00	0,030544	26757	133,785	0,176177	154331	771,655
200	7,50	0,002143	3755	28,163	0,041453	72626	544,695
300	8,33	0,000084	221	1,841	0,005486	14417	120,094
400	11,25	0,000003	11	0,124	0,000387	1356	15,255
500	17,00	0,000000	0	0,000	0,000012	53	0,901
Total	—	—	30744	163,913	—	242783	1452,600
Daunele medii specifice, lei/kWh			$\alpha_0^1 = 5{,}33$			$\alpha_0^2 = 5{,}98$	

[1] Rezultă din tabelul 6, ținînd seama de profunzimea deficitului de putere

valoare a daunelor specifice mai ridicată decît în cazul unor grupuri cu fiabilitate ridicată, deoarece în primul caz deficitul de putere afectează zone ale curbei de sarcină caracterizate prin daune specifice mai mari;

— investiția suplimentară făcută pentru mărirea fiabilității grupurilor se recuperează atît prin reducerea, în valoare absolută, a energiei nelivrate consumatorilor cît și prin afectarea unor zone ale curbei de sarcină caracterizate prin daune mai mici la consumatorii nealimentați.

5. Posibilități de evitare a adoptării unei valori ferme a costului specific al daunelor în calculele economice

În paragraful precedent am încercat să evidențiem dificultățile ce stau în calea determinării unei valori ferme a daunelor medii specifice, necesare în calculele de optimizare a rezervei de putere pentru avarii. În aceste condiții apare interesant să se abordeze problema costului kilowattului-oră de energie nelivrată dintr-un unghi diferit, care s-ar putea rezuma astfel [4, 6]:

Se consideră un parc de grupuri care asigură consumul de energie electrică cu un grad de siguranță ce lasă să persiste o energie probabil nelivrată E_d^0.

Prin instalarea unei puteri noi, care presupune o investiție suplimentară ΔI, se reușește reducerea energiei probabil nelivrate cu o valoare $\Delta E_d = E_d^0 - E_d^1$.

Valoarea raportului:

$$\alpha = \frac{\Delta I}{\Delta E_d}$$

se numește cost implicit al unității de deficit asociat unei soluții (variante) de dezvoltare și reprezintă efortul financiar necesar pentru evitarea unui kilowattoră de deficit.

Pentru o serie de variante de dezvoltare: $V_0, V_1, V_2 \ldots V_n$, pe măsura creșterii investițiilor:

$0 < I_1 < I_2 < \ldots < I_n$, energia probabil nelivrată scade:

$E_d^0 > E_d^1 > E_d^2 > \ldots > E_d^n$ însă nu liniar, ci după o curbă de genul celei din figura 6.

Se observă că, datorită fenomenului de saturație a siguranței parcului, la creșteri ΔI constante ale investițiilor corespund scăderi ΔE_d ale energiei probabil nelivrate și creșteri ale gradului de asigurare a energiei electrice G, din ce în ce mai mici [7].

În consecință, pe măsura creșterii investițiilor, costul implicit α al kilowattului-oră nelivrat variază în raport cu gradul de asigurare a energiei electrice G, ca în figura 7.

Pe această curbă se constată, referitor la costul investit pentru ameliorarea gradului de

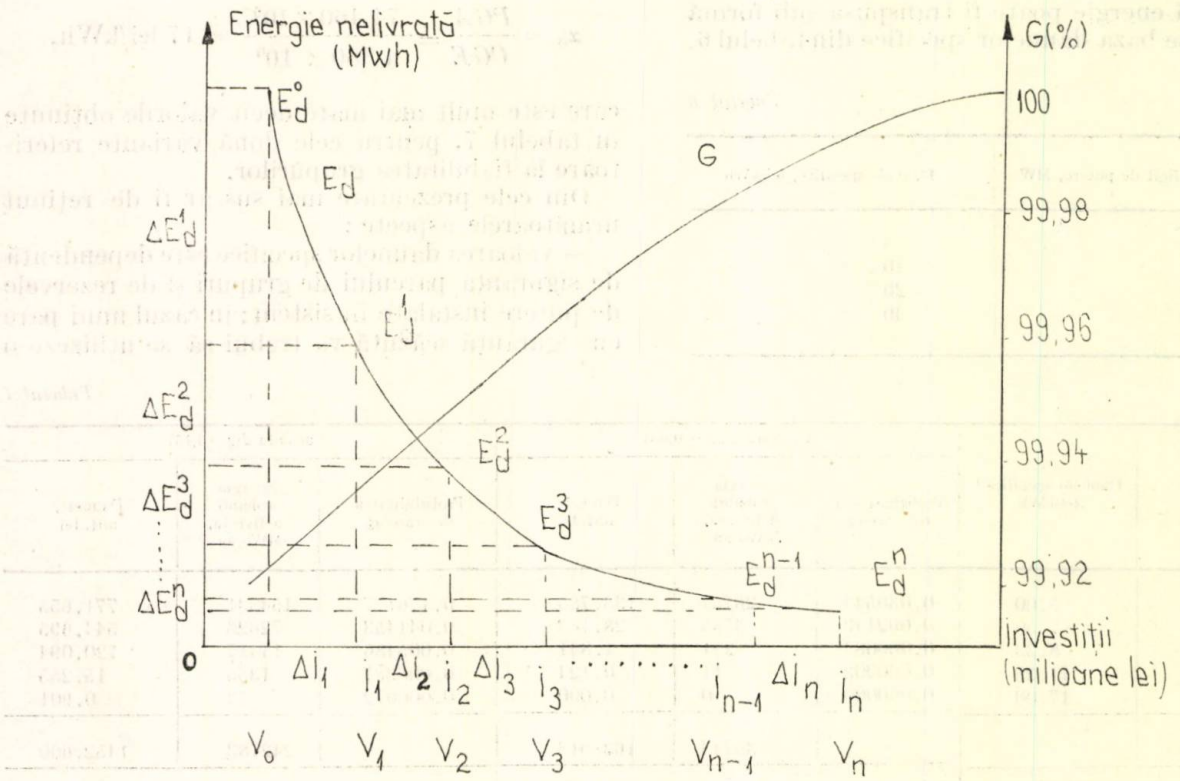
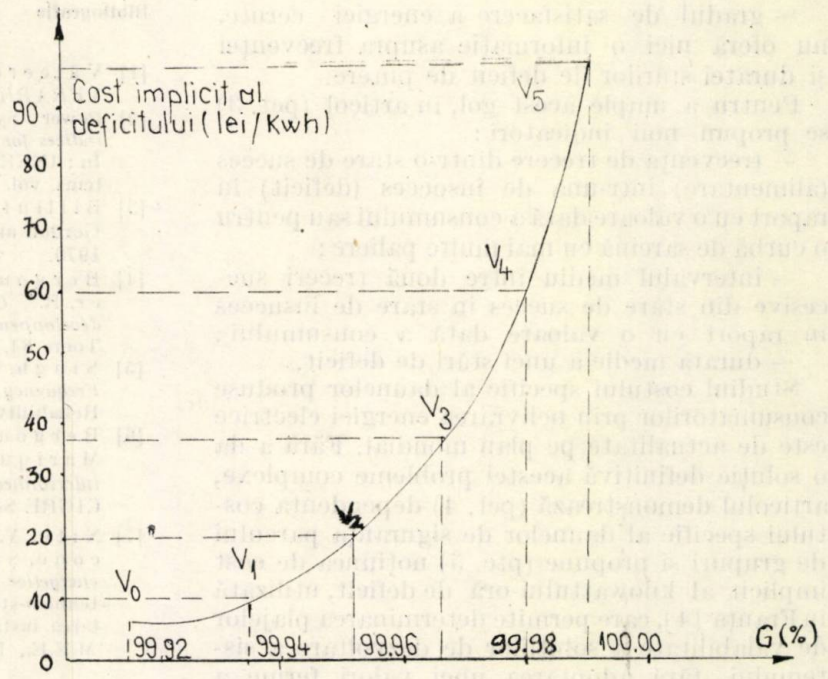


Fig. 6. Variația energiei probabil nelivrate și a gradului de asigurare a energiei electrice în funcție de investițiile în parcul de grupuri. (Variation of the probably undelivered energy and of the electric energy provision degree depending on the investment in the units).

Fig. 7. Relația dintre costul implicit al deficitului și gradul de asigurare a energiei electrice. (Relation between the implicit loss cost and the energy provision degree).



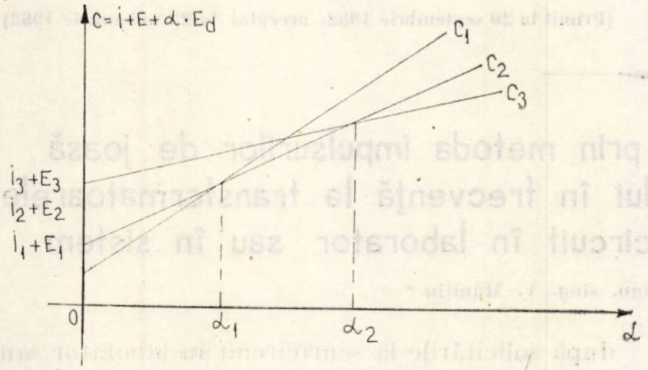


Fig. 8. Plajele de valabilitate a soluțiilor în funcție de costul specific al deficitului. (Validity ranges of the development solutions according to the implicit cost of the deficiency).

asigurare G, că dacă este rațional să se treacă de la varianta de bază V_0 la variantele V_1, V_2 sau V_3, trecerea de la varianta V_3 la varianta V_4 cere un efort important, de investiții pentru un cîștig de siguranță nesemnificativ, în timp ce trecerea de la varianta V_4 la varianta V_5 este, în mod vizibil, aberantă.

În felul acesta numărul variantelor și plaja valorilor posibile ale costului implicit al deficitului se reduc simțitor (în cazul nostru rămîn în studiu variantele V_1, V_2 și V_3).

Pentru variantele rămase în studiu, în formula costului total actualizat, se va parametriza valoarea α a costului specific al deficitului (fig. 8):

$$C_i = I_i + E_i + \alpha \cdot E_d^i ; \; i = 1, 2, 3.$$

Din această figură reiese, foarte sugestiv, noțiunea de plajă de valabilitate a unei soluții. Astfel, dacă costul specific al deficitului este cuprins între valorile α_1 și α_2, varianta *2* este optimă, în timp ce varianta *1* este optimă pentru valori $\alpha < \alpha_1$, iar alegerea soluției *3* ar implica atribuirea fiecărui kilowattoră de deficit un cost superior lui α_2.

În practică intervalul (α_1, α_2) ce rezultă din calcule poate fi suficient de larg, încît să nu lase nici un dubiu asupra soluției ce trebuie reținută, evitînd astfel stabilirea unei valori ferme a costului specific al daunelor.

Noțiunile prezentate în acest paragraf: cost implicit al deficitului și plajă de valabilitate a unei soluții, departe de a fi specifice domeniului studiat mai sus, se pot utiliza de fiecare dată cînd se dorește compararea mai multor variante de dezvoltare a unei instalații sau sistem. Ele au fost utilizate cu mult succes [4] în cazul rețelelor de distribuție.

Concluzii

În ultimul timp, în calculele tehnico-economice privind planificarea dezvoltării sistemului electroenergetic, alături de cheltuielile de investiții și exploatare, intervin și daunele produse consumatorilor ca urmare a nelivrării energiei electrice.

Estimarea daunelor presupune cuantificarea nivelului de siguranță (sau deficiență) a sistemului prin intermediul unor indicatori de siguranță și traducerea în bani a acestora pe baza unui cost specific (unitar) al daunelor.

Indicatorii de siguranță utilizați în prezent (pct. 2), și anume:

— probabilitatea de asigurare a vîrfului de sarcină;

— timpul probabil de neasigurare;

— energia probabil nelivrată;

— gradul de satisfacere a energiei cerute, nu oferă nici o informație asupra frecvenței și duratei stărilor de deficit de putere.

Pentru a umple acest gol, în articol (pct. 3) se propun noii indicatori:

— frecvența de trecere dintr-o stare de succes (alimentare) într-una de insucces (deficit) în raport cu o valoare dată a consumului sau pentru o curbă de sarcină cu mai multe paliere;

— intervalul mediu între două treceri succesive din stare de succes în stare de insucces în raport cu o valoare dată a consumului;

— durata medie a unei stări de deficit.

Studiul costului specific al daunelor produse consumatorilor prin nelivrarea energiei electrice este de actualitate pe plan mondial. Fără a da o soluție definitivă acestei probleme complexe, articolul demonstrează (pct. 4) dependența costului specific al daunelor de siguranța parcului de grupuri și propune (ptc. 5) noțiunea de cost implicit al kilowattului-oră de deficit, utilizată în Franța [4], care permite determinarea plajelor de valabilitate a soluțiilor de dezvoltare a sistemului, fără adoptarea unei valori ferme a costului specific al daunelor.

Bibliografie

[1] Vâlcereanu, Gh. — *Ghid de utilizare a programului VERABIC.* Centrul de calcul ISPE.

[2] Power Systems Engineering Committee. *Reliability indices for use in bulk power supply adequacy evaluation.* În: IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, vol. PAS-97, no. 4 July/Aug. 1978.

[3] Billinton, R. *Power System Reliability Evaluation.* Gordon and Breach Science Publishers Ltd, New York, 1970.

[4] Bergougnoux, J., Lemoine, J.C. și Jomier, R. — *Contribution à l'étude d'une politique optimale du développement des réseaux de distribution.* În: RGE, Tome 84, nr. 11, 1975.

[5] Singh, C., Patton, A. D. — *Concepts for Calculating Frequency of System Failure.* In: IEEE Transactions on Reliability, volume R-29, nr. 4, 1980.

[6] Bergougnoux J. Jenkin F. O., Lehmaus, F. Marique, C. și Noferi, P. L. — *The planning of interconnections between electrical systems.* Paper 32—17, CIGRE Session 21—29, august 1974.

[7] Nitu, V. I., Stein, M., Ionescu, C., și Diaconu, Ș t. — *Unele aspecte ale optimizării instalațiilor energetice ținînd seama de criteriile de siguranță.* Sesiunea tehnico-științifică „Optimizări în dezvoltarea și exploatarea instalațiilor electroenergetice", Inst. Polit. Iași și M.E.E., Iași, oct. 1978.

(Primit la 20 septembrie 1982, acceptat la 22 noiembrie 1982)

Considerații privind defectoscopia prin metoda impulsurilor de joasă tensiune și metoda analizei răspunsului în frecvență la transformatoarele de putere după solicitări la scurtcircuit în laborator sau în sistem

Dr. ing. C. Moldoveanu, sing. V. Mănițiu *

Introducere

Metodele de defectoscopie prin impulsuri de joasă tensiune (IJT) și prin analiza răspunsului în frecvență (ARF) au început să fie aplicate relativ de puțin timp pentru depistarea defectelor în transformatoarele de putere (prima de circa 15 ani [1], iar cea de-a doua de circa 4 ani [2]), fără să se reușească să se stabilească, pe baza lor, criterii unanim recunoscute pentru aprecierea corectă a comportării transformatoarelor la solicitările produse ca urmare a unor scurtcircuite la borne în laborator sau în sistem. Referitor la aplicarea metodelor menționate, în literatură se evidențiază existența unor probleme încă nerezolvate privind influența asupra rezultatelor măsurătorilor a temperaturii înfășurărilor, a stării transformatorului, a circuitului de aplicare a impulsurilor de joasă tensiune și de măsurare a semnalelor de răspuns etc. [2—4]. Soluționarea acestor probleme are importanță deosebită pentru diagnosticarea corectă a stării unui transformator după solicitările la scurtcircuit în laborator sau în exploatare.

Există situații cînd defectul, de mărime relativ redusă, afectează numai înfășurarea de lîngă miezul magnetic (de regulă înfășurarea de joasă tensiune). Un astfel de defect nu poate fi întotdeauna depistat la controlul vizual al părții active, după decuvarea transformatorului. De asemenea, pe baza experienței acumulate pînă în prezent, se poate afirma că este posibil ca defectul să nu fie depistat nici prin metoda de defectoscopie bazată pe determinarea variației impedanței de scurtcircuit [4—6]. În aceste condiții este absolut necesar să se folosească metode de defectoscopie mai sensibile, cum sînt cele bazate pe aplicarea impulsurilor de joasă tensiune și analiza răspunsului în frecvență. Deoarece transformatorul se poate găsi fie în cuva proprie (plină cu ulei), fie decuvat, este necesar să se cunoască în ce măsură aceasta influențează rezultatele măsurătorilor și concluziile, cînd se utilizează cele două metode menționate.

În momentul investigării transformatorului, partea activă a acestuia se poate afla la diverse temperaturi determinate de: condițiile de me-

* Constantin Moldoveanu este cercetător științific principal la ICEMENERG București; Victor Mănițiu este subinginer la același institut.

diu, regimul anterior de solicitare a transformatorului etc. Datorită dependenței permitivității dielectricului de temperatură, capacitățile interne ale structurii înfășurărilor se modifică la variația temperaturii. Întrucît defectoscopia prin metoda impulsurilor de joasă tensiune și metoda analizei răspunsului în frecvență se bazează tocmai pe modificarea inductivităților și capacităților interne ale structurii înfășurărilor, ca urmare a unui defect în transformator, este necesar să se cunoască în ce măsură variația mărimilor măsurate se datorează defectului în transformator sau temperaturilor diferite la care s-au efectuat măsurătorile.

În literatură sînt menționate diverse variante de circuite de aplicare a impulsurilor de joasă tensiune și de măsurare a semnalelor de răspuns, atît la măsurarea directă, cît și la măsurarea diferențială. Nu s-a stabilit însă o prioritate de utilizare a acestor circuite ținînd seama de: sensibilitatea de detecție necesară, posibilitățile tehnice de aplicare etc.

În acest articol se prezintă cîteva rezultate experimentale și concluziile cercetărilor efectuate de autori la ICEMENERG, referitoare la problemele menționate.

1. Influența modificării cîmpului electromagnetic de dispersie la decuvarea transformatorului

Pentru analiza influenței modificării cîmpului electromagnetic de dispersie la decuvarea transformatorului asupra rezultatelor măsurătorilor efectuate la aplicarea defectoscopiei prin impulsuri de joasă tensiune sau analiza răspunsului în frecvență, s-au efectuat experimentări pe trei transformatoare de 63, 100 și respectiv 250 kVA, folosind aparatura de măsură prezentată în figura 1.

Pentru aplicarea impulsurilor de joasă tensiune s-au utilizat circuitele de măsură prezentate în tabelul 1 — variantele: 1.1.a; 1.1.b; 1.2.; 1.3.; 1.4.a; 2.1.; 2.2. și 2.5., alese în funcție de tipul conexiunii înfășurărilor transformatorului investigat.

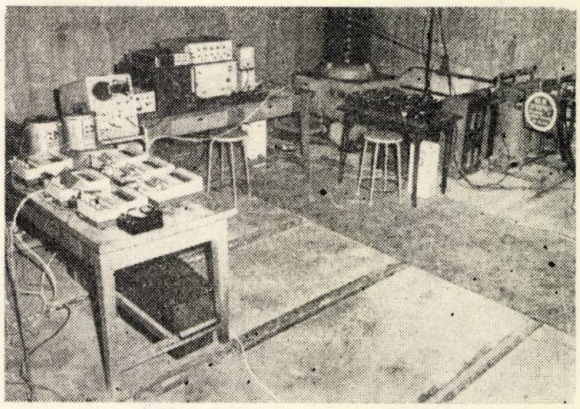


Fig. 1.

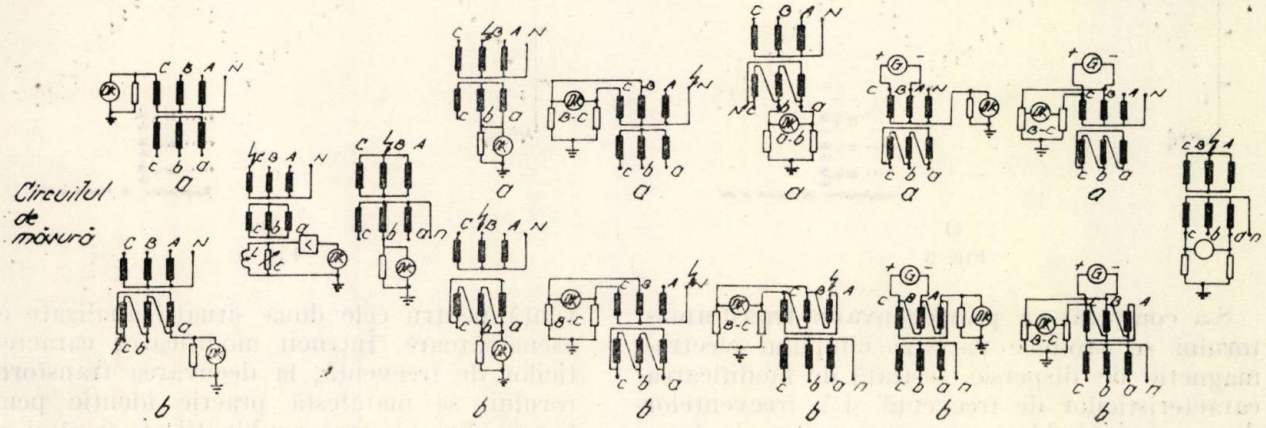
La nici unul din transformatoarele investigate nu s-a produs modificarea caracteristicilor impulsurilor de joasă tensiune aplicate și ale semnalelor de răspuns măsurate, după decuvarea transformatorului. Aceasta se poate observa analizînd oscilogramele prezentate în tabelul 2 pentru transformatorul de 63 kVA.

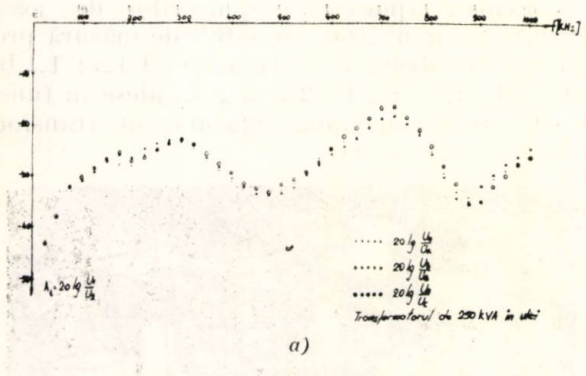
Pentru analiza răspunsului în frecvență s-au efectuat seriile de măsurători pentru combinațiile U_A—U_a; U_B—U_b; U_C—U_c; U_a—U_B, U_b—U_C, U_c—U_A; U_A—U_C, U_C—U_B, U_B—U_A; U_a—U_n, U_b—U_n, U_c—U_n; U_A—U_n, U_B—U_n, U_C—U_n; U_A, U_B, U_C; U_a, U_b, U_c, U_n diferențiat în funcție de tipul conexiunii înfășurărilor [6]. În figurile 2—5 se prezintă caracteristicile de frecvență ale transformatorului de 250 kVA, aflat în cele două stări menționate.

Tabelul 1

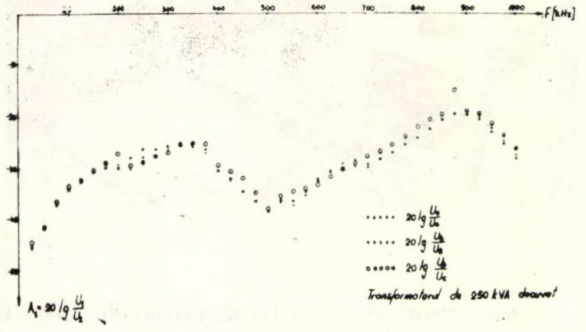
Variante de măsurare a impulsurilor

direct				diferențial				
1.1	1.2	1.3	1.4	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5



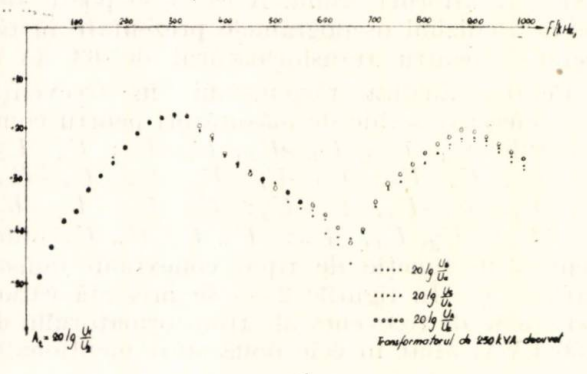


a)

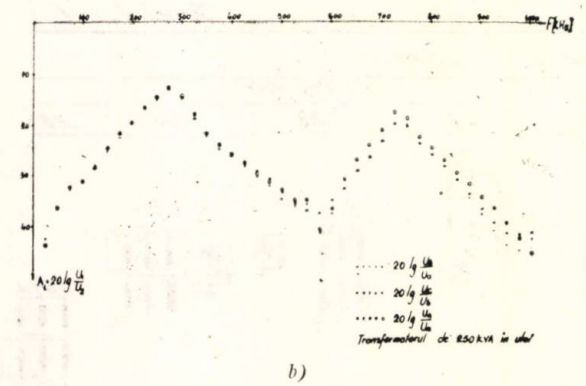


b)

Fig. 2

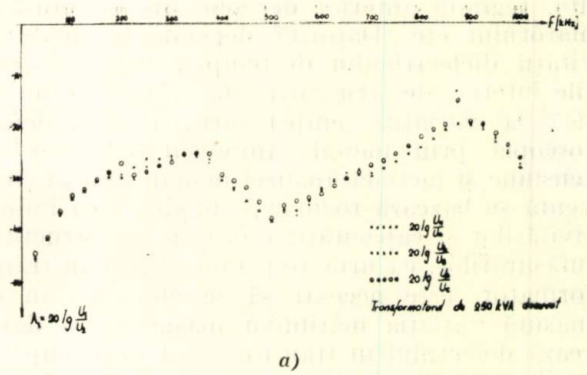


a)

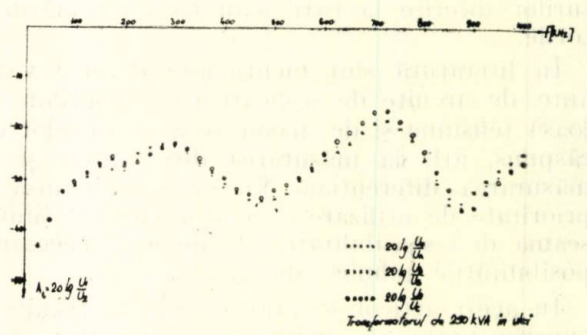


b)

Fig. 3

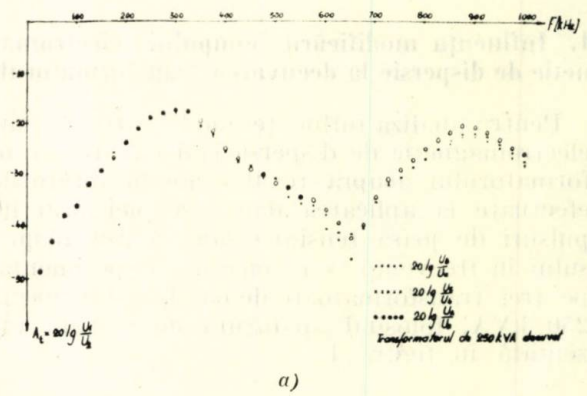


a)

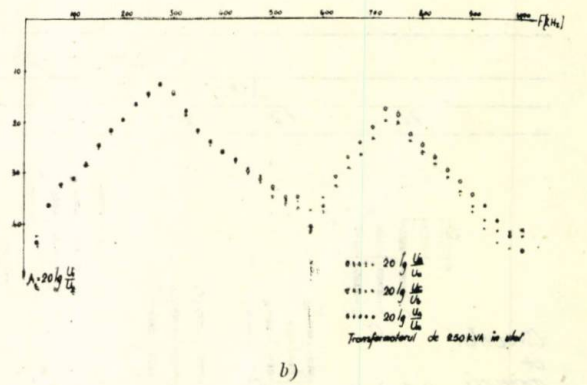


b)

Fig. 4.



a)

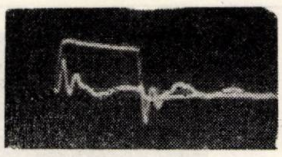
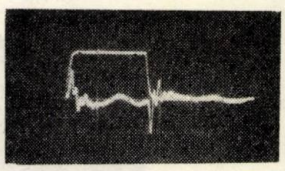
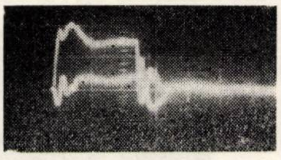
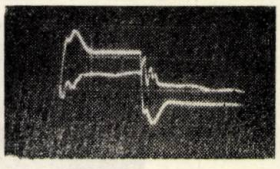
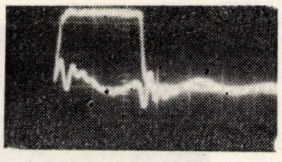
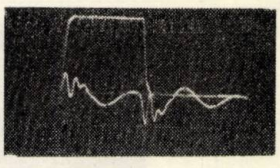
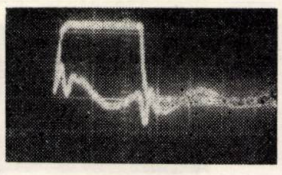
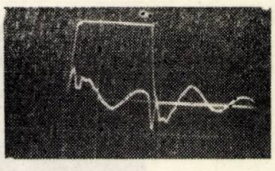
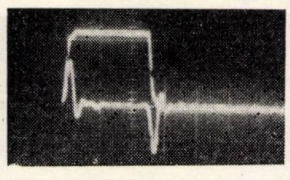
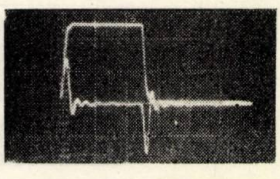
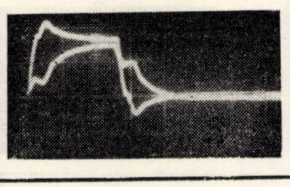
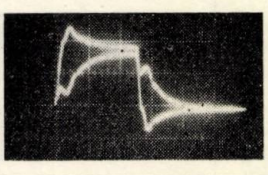


b)

Fig. 5

S-a constatat că prin decuvarea transformatorului se produce variația cîmpului electromagnetic de dispersie, sesizată de modificarea caracteristicilor de frecvență și a frecvențelor de rezonanță. Alura caracteristicilor de frecvență pentru cele două situații analizate este asemănătoare. Întrucît modificarea caracteristicilor de frecvență, la decuvarea transformatorului, se manifestă practic identic pentru fiecare din cele trei combinații ale fiecărei serii

Tabelul 2

Nr. crt.	Circuitul folosit	Oscilogramele impulsurilor aplicate și ale semnalelor de răspuns obținute pentru	
		Transformatorul în ulei	Transformatorul decuvat
1.	1.1.a		
2.	1.2.		
3.	1.3.		
4.	1.4.a		
5.	2.1.		
6.	2.5.		

de măsurători (de exemplu : $U_A - U_a$, $U_B - U_b$, și $U_C - U_c$) se poate considera că nu se produce practic nici o influență semnificativă asupra concluziilor ce rezultă la aplicarea metodei analizei răspunsului în frecvență pentru depistarea defectelor într-un transformator, după solicitarea acestuia la scurtcircuit, cînd transformatorul se află în cuva proprie plină cu ulei sau decuvat.

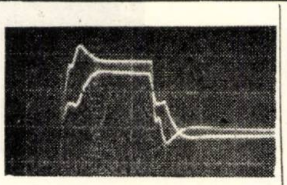
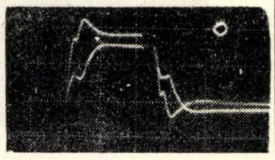
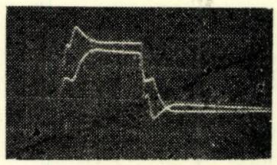
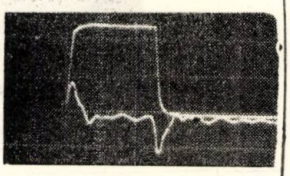
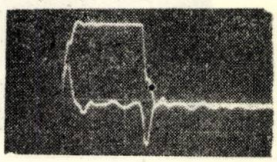
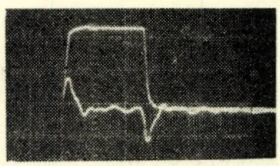
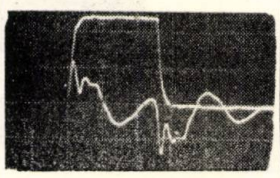
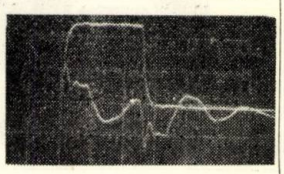
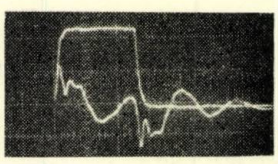
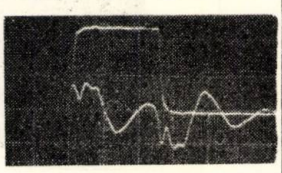
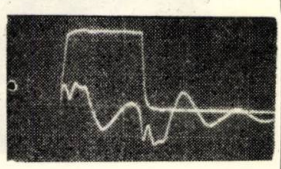
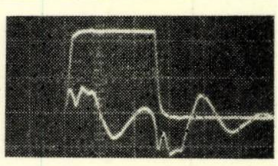
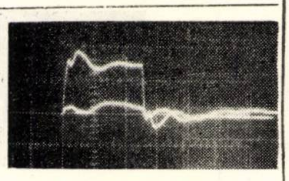
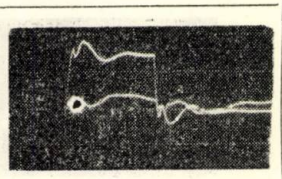
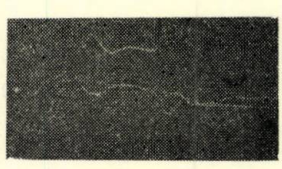
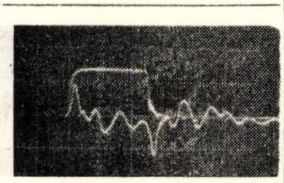
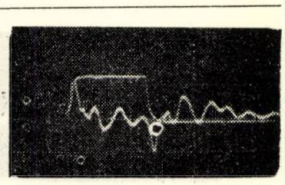
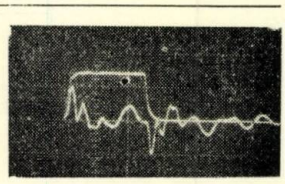
2. Influența temperaturii înfășurărilor

Studiul influenței temperaturii înfășurărilor asupra rezultatelor măsurătorilor și concluziilor defectoscopiei prin impulsuri de joasă tensiune și prin analiza răspunsului în frecvență s-a efectuat pe două transformatoare de 100 și respectiv 250 kVA, pentru un domeniu de variație a temperaturii de la 15 la 75°C. În figura 6 se prezintă instalația folosită pentru încălzirea transformatorului încercat la temperatura dorită și pentru menținerea acesteia la valoare aproximativ constantă pe perioada de timp necesară măsurătorilor.

În tabelul 3 și figurile 7, 8 sînt prezentate rezultatele obținute la măsurătorile efectuate pe transformatoarele de 100, și respectiv 250 kVA.

Pe baza măsurătorilor efectuate se poate trage concluzia că variația temperaturii trans-

Tabelul 3

Nr. crt.	Circuitul folosit	Oscilogramele impulsurilor aplicate și ale semnalelor de răspuns obținute pentru diverse temperaturi		
		Seria I	Seria a-II-a	Seria a-III-a
1	1.1.a.	72°C 	55°C 	43°C 
2	1.2.	72°C 	55°C 	43°C 
3	1.3.	54°C 	54°C 	42°C 
4	1.4.	69°C 	54°C 	43°C 
5	2.1.	75°C 	65°C 	55°C 
6	2.5.	75°C 	65°C 	55°C 

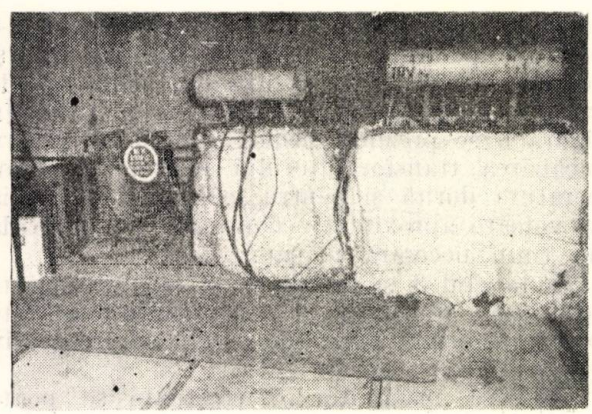


Fig. 6.

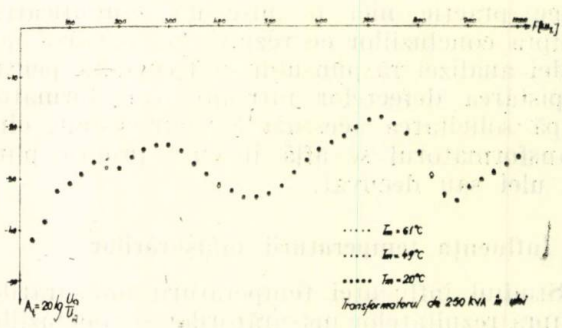


Fig. 7.

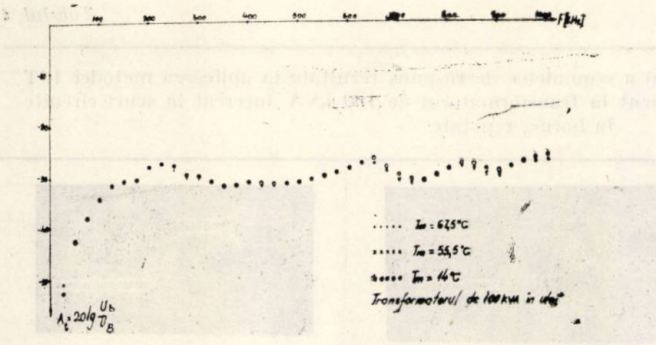


Fig. 8.

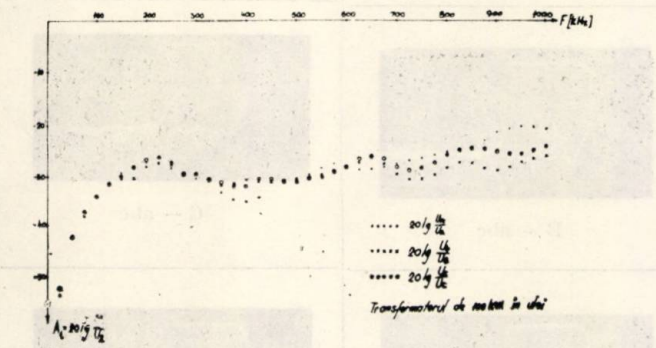


Fig. 9.

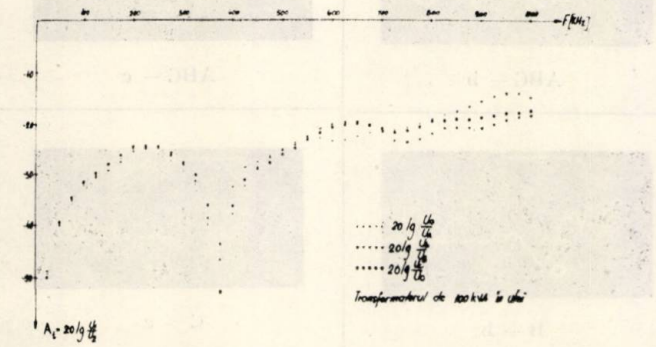


Fig. 10.

formatorului, în domeniul 15—75°C (întîlnit în mod curent la transformatoarele din exploatare), practic nu are nici o influență asupra caracteristicilor impulsurilor de joasă tensiune aplicate și ale semnalelor de răspuns rezultate, precum și asupra caracteristicilor de frecvență.

3. Dependența sensibilității de detecție a defectelor de circuitul de măsurare a impulsurilor și de combinația de borne pentru determinarea caracteristicilor de frecvență

În cadrul probelor de anduranță la scurtcircuit, efectuate la Stația de Mare Putere a ICEMENERG, pe cele trei transformatoare menționate s-a urmărit să se stabilească o prioritate de utilizare a diverselor variante ale circuitelor de măsurare directă sau diferențială din tabelul 1, pentru depistarea defectelor incipiente.

La transformatorul de 100 kVA, înainte de efectuarea ultimei serii de probe de scurtcircuit, s-a constatat existența unor diferențe între oscilogramele obținute pe diverse faze, la utilizarea variantelor de circuite de măsură 1.2; 1.4; 2.1 și 2.5 (tabelul 4). Același lucru s-a constatat și din analiza caracteristicilor de frecvență (fig. 9), fapt ce a permis să se presupună că în transformator s-a produs modificarea stării înfășurărilor. La următorul scurtcircuit, defectul în înfășurarea de înaltă tensiune a devenit mai evident, constatîndu-se secționarea conductorului bobinei de pe faza A și accentuarea modificării caracteristicilor de frecvență (fig. 10). Defectul nu a fost observat vizual la controlul efectuat după decuvarea transformatorului.

La transformatorul de 63 kVA, rezultatele măsurătorilor efectuate înainte de începerea probelor de scurtcircuit în laborator (valorile impedanței de scurtcircuit, oscilogramele semnalelor de răspuns la aplicarea impulsurilor de joasă tensiune, caracteristicile de frecvență) au indicat existența unor diferențe de stare a bobinelor dispuse pe cele trei coloane ale miezului magnetic, provocate de solicitările la care acest transformator fusese supus în timpul funcționării sale în sistemul energetic, în perioada de timp anterioară investigării la ICEMENERG. În special s-au constatat diferențe între caracteristicile de frecvență la seriile de măsurători: U_A-U_n, U_B-U_n, U_C-U_n și U_A-U_a, U_B-U_b, U_C-U_c și între caracteristicile semnalelor de răspuns măsurate folosind circuitele de măsură 2.1. și 2.5. (corespunzătoare măsurării diferențiale). La analiza vizuală a părții active nu s-a constatat nici o defecțiune. După prima serie de șocuri de curent de scurtcircuit în transformator s-au produs defecțiuni observabile și la analiza vizuală după decuvare.

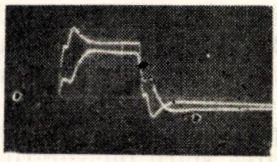
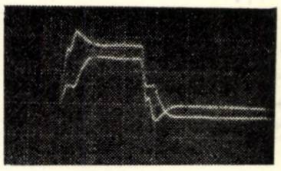
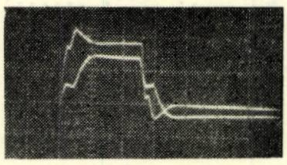
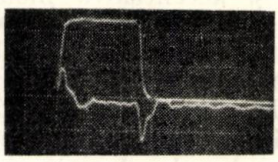
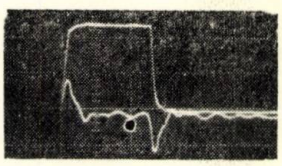
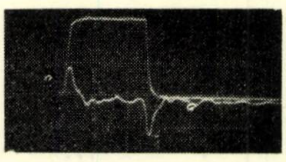
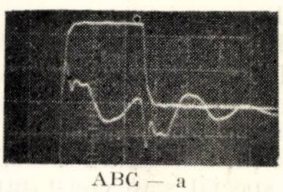
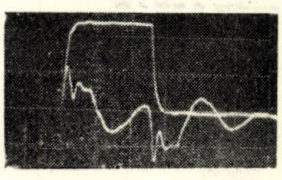
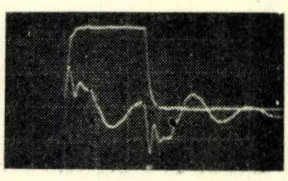
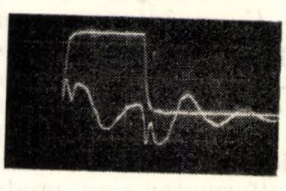
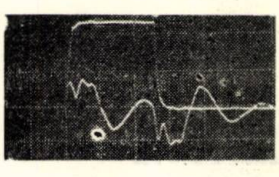
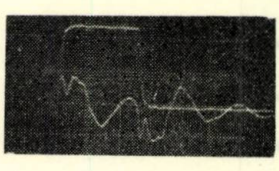
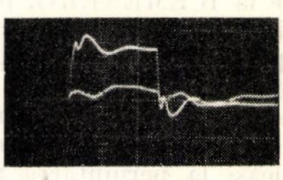
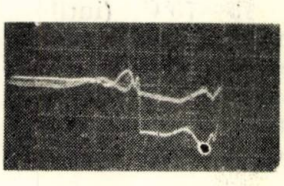
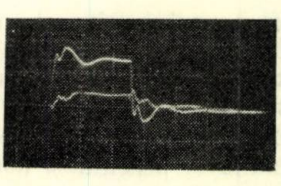
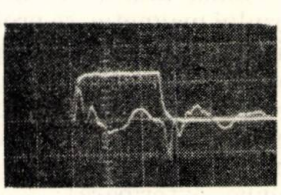
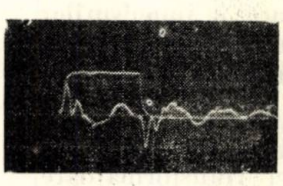
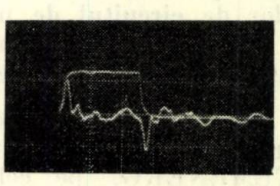
La toate cele trei transformatoare investigate la ICEMENERG, folosind metoda impulsurilor de joasă tensiune și metoda analizei răspunsului în frecvență, s-au mai făcut următoarele observații;

— caracteristicile impulsurilor aplicate și ale semnalelor de răspuns se mențin practic aceleași la permutarea fazelor, dacă transformatorul este în stare corespunzătoare;

— la aplicarea impulsurilor de joasă tensiune pe bobina aflată cel mai aproape de coloana miezului magnetic, se produce modificarea caracteristicilor impulsului aplicat (de exemplu în tabelul 3 oscilogramele obținute pentru circuitele 1.1.a și 2.1), explicabil prin reacția provocată de bobina de pe aceeași coloană, dar situată mai îndepărtat de miezul magnetic (bobina exterioară);

— cele trei caracteristici de frecvență, determinate pentru aceeași serie de combinație

Tabelul 4

Nr. crt.	Circuitul folosit	Oscilogramele impulsurilor aplicate și a semnalelor de răspuns rezultate la aplicarea metodei IJT pentru depistarea defectului incipient la transformatorul de 100 kVA încercat la scurt-circuite la borne, repetate		
1	1.1.a.	 n — a	 n — b	 n — c
2	1.2.	 A — abc	 B — abc	 C — abc
3	1.3.	 ABC — a	 ABC — b	 ABC — c
4	1.4.	 A — a	 B — b	 C — c
5	2.1.	 n — a — b	 n — b — c	 n — c — a
6	2.5.	 ABC — a — b	 ABC — b — c	 ABC — c — a

de borne, sînt practic identice, cînd transformatorul în ulei este de calitate corespunzătoare.

Pe baza experienţelor efectuate în prezent, se poate face recomandarea ca la diagonsticarea prin metoda impulsurilor de joasă tensiune a stării transformatoarelor să se folosească la început un circuit de măsurare diferenţială, datorită sensibilităţii mai mari pe care o are la depistarea defectelor incipiente. Investigaţia trebuie apoi continuată folosind circuite de măsurare directă, pentru localizarea defectului.

S-a constatat, de asemenea, că la transformatoare avînd construcţia asemănătoare (acelaşi tip de bobinaj, aceeaşi grupă de conexiune etc.) şi aflate în stare corespunzătoare se pot obţine caracteristici de frecvenţă tipice (ca de exemplu la transformatoarele de 63 şi respectiv 100 kVA) (fig. 11 şi 12).

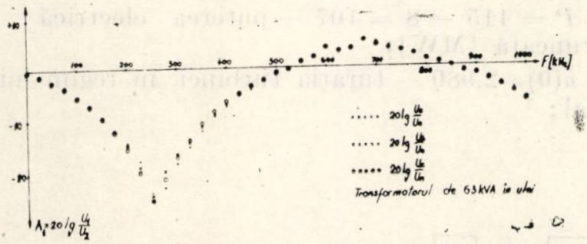


Fig. 11.

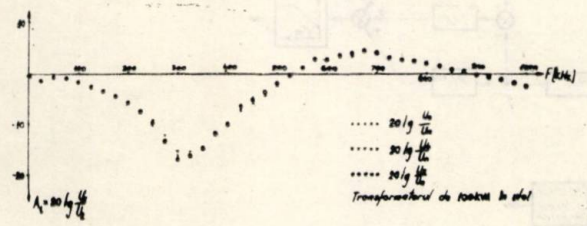


Fig. 12.

4. Concluzii

Metodele de defectoscopie, pe baza cărora sînt stabilite în standardele actuale criteriile de apreciere a stării transformatoarelor de putere după solicitările la scurtcircuit, nu permit punerea în evidenţă a tuturor tipurilor de defecte ce pot apărea, mai ales cînd defectul se produce în înfăşurarea cea mai apropiată de miezul magnetic. De aceea, este necesar să se utilizeze metode mai sensibile, cum sînt cele bazate pe analiza răspunsului în frecvenţă şi aplicarea impulsurilor de joasă tensiune.

Stabilirea unor criterii pe baza acestor două metode, necesită mai întîi soluţionarea tuturor problemelor determinate de condiţiile de utilizare, care pot avea implicaţii directe asupra concluziilor măsurătorilor şi deci asupra diagnosticului dat.

Pe baza cercetărilor efectuate la ICEMENERG referitoare la unele din problemele ce apar la utilizarea metodelor de defectoscopie bazate pe analiza răspunsului în frecvenţă şi aplicarea impulsurilor de joasă tensiune, se pot preciza următoarele :

— Prin decuvarea transformatorului sau variaţia temperaturii acestuia în domeniul 15—75° C nu se produce practic nici o modificare a caracteristicilor impulsurilor de joasă tensiune aplicate şi a semnalelor de răspuns.

— Caracteristicile de frecvenţă rămîn practic neschimbate la variaţia temperaturii transformatorului în domeniul 15—75°C şi se modifică, păstrînd o formă asemănătoare, la decuvarea transformatorului. În acest ultim caz, întrucît sînt afectate practic în aceeaşi măsură caracteristicile de frecvenţă obţinute pentru toate cele trei combinaţii de borne ale fiecărei serii de măsurători, se poate considera că nu apar probleme de interpretare a rezultatelor.

— Se poate întrevedea obţinerea unor rezultate tipice, la utilizarea celor două metode de defectoscopie, pentru transformatoare de acelaşi tip constructiv.

— La utilizarea metodei impulsurilor de joasă tensiune, pentru depistarea defectelor incipiente este necesar să se folosească mai întîi unul din circuitele de măsurare diferenţială, iar circuitele de măsurare directă să se folosească numai pentru localizarea defectului. Nu se va putea stabili în mod corect un criteriu sigur de interpretare a rezultatelor obţinute la utilizarea acestei metode de defectoscopie pînă ce nu se elaborează metoda de prelucrare a oscilogramelor impulsurilor şi de apreciere cantitativă a diferenţelor între două impulsuri înregistrate.

Bibliografie

[1] Lech, V. şi Tyminski, L. — *Novîi metod indikaţii povrejdenii pri ispitanii transformatorov na dinamiceskuiu procinosti.* In: Elektricestvo, nr. 1, 1966, p. 77—81.

[2] Dick, E. P. şi Erven C. C. — *Transformer diagnostic testing by frequency response analyses.* In: IEEE—PAS, nr. 6, 1978, p. 2144—2153.

[3] Moldoveanu, C. ş.a. — *Analiza comparativă a sensibilităţii principalelor metode de detecţie a defectelor produse de eforturile electrodinamice în transformatoarele de putere.* In: Energetica, nr. 8, 1981, p. 340—352.

[4] Rogers, E. J. şi Gillies, D. A. — *Transformer winding deformation detection using input and voltage differential methods.* In: IEEE — PAS, nr. 5, 1974, p. 1595—1603.

[5] Gillies, D. A. ş. a. — *Bonneville Power Administration transformer short circuit test results — comparison of winding inspection with diagnostic methods.* In: IEEE — PAS, nr. 3, 1973, p. 934—942.

[6] Moldoveanu, C. — *Erori posibile de apreciere prin metoda variaţiei impedanţei de scurtcircuit a stării transformatoarelor de putere după solicitarea la scurtcircuit.* În: Energetica, nr. 6, 1983, p. 289—295.

(Primit la 21 aprilie 1982, acceptat la 21 martie 1983)

Identificarea experimentală a modelelor SRAV la turbinele K-125-141

Dr. ing. H. Cristea *

Considerații de bază

Identificarea experimentală a modelului sistemului de reglare automată a vitezei (SRAV) presupune probe pentru prelevarea, măsurarea și înregistrarea variabilelor de stare din proces, pe baza cărora, prin procedee matematice speciale, se determină atît structura, cît și parametrii modelului [1].

Probele și măsurătorile efectuate au avut drept scop verificarea comportării sistemului de reglaj automat al vitezei (SRVA) la turbine în regim de variație a sarcinii electrice și termice.

Turbinele K-125-141 SKODA cu care sînt echipate grupurile 1,2 din CET București Vest și 5 și 6 din CET București Sud sînt dotate cu regulator de viteză tahometric, traductorul de turație funcționînd pe principiul hidrodinamic. Schema întocmită pe blocuri funcționale este dată în figura 1.

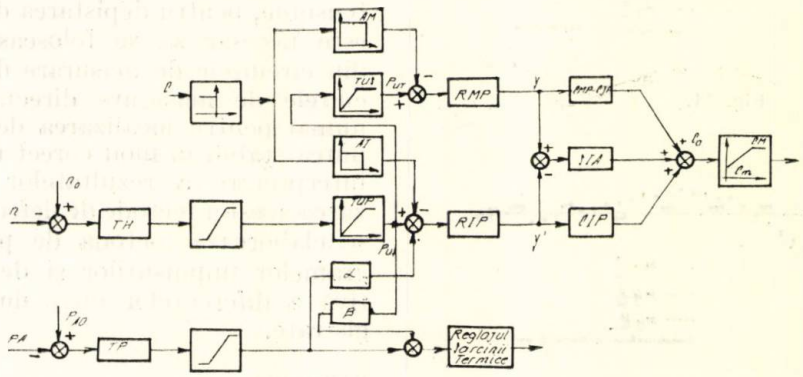


Fig. 1. Schema bloc funcțională simplificată a SRAV, turbina K-125-141, TA_1 și TA_2 CET București Vest și TA_5 și TA_6 CET București Sud: TH — tahometru; TP — traductor de presiune; AI, AM — accelератoare; TUS — transformator ulei secundar; TUP — transformator ulei primar; α, β — pîrghie sumatoare; RIP — regulator înaltă presiune; RMP — regulator medie presiune; CIP, CMP, CJP — corp înaltă, medie și joasă presiune; SIA — supraîncălzirea intermediară.

Sistemul de reglaj viteză este prevăzut cu un accelerator de tip releu, avînd funcția de limitare a turației grupului la deconectarea de la rețea a acestuia. Menținerea turației grupului rămas în insulă se realizează prin comanda de închidere totală a VR-IP și VR-MP pe o durată de timp care se reglează (în general de ordinul a 3—4 s).

1. Date experimentale obținute

Pentru analiza comportării SRAV s-a efectuat deconectarea de la rețea a turboagregatului nr. 1 din CET București Vest, care funcționa normal la o încărcare de 115 MW. Grupul s-a descărcat pînă la sarcina de 8 MW, reprezentînd consumul serviciilor interne. Pe durata regimului tranzitoriu s-au înregistrat următoarele mărimi:

$\Delta Y(t)$ — variația cursei tijei servomotorului de acționare a VR-CIP;

$\Delta Y'(t)$ — variația cursei tijei servomotorului de acționare a VR-CMP;

$\Delta n(t)$ — variația turației grupului.

Din înregistrările efectuate și prezentate în figura 2 s-au dedus următorii parametri:

$T_f = T'_f = 0{,}47$ — timpul minim de închidere a VR-CIP, respectiv a VR-CMP [s];

$T_g = T'_g = 0{,}5$ — timpul minim de deschidere a VR-CIP, respectiv a VR-CMP [s];

T_q — timpul de întîrziere [s];

$P = 115 - 8 = 107$ — puterea electrică aruncată [MW];

$n(0) = 2.980$ — turația turbinei în regim inițial;

$\Delta n\,(0) = 132{,}54$ — abaterea turației în regim stabilizat de funcționare în insulă pe servicii interne (rot/min);

$n_M = 219{,}6$ — abaterea maximă a turației pe durata procesului tranzitoriu (rot/min).

2. Structura modelului SRAV

Pentru identificarea structurii modelului SRAV s-a determinat răspunsul indicial al SRAV (fig. 3), înregistrîndu-se pe durata regimului tranzitoriu următoarele variabile de stare:

$p_{us}(t)$ — variația presiunii uleiului secundar de reglaj (bar);

$p_{uT}(t)$ — variația presiunii uleiului terțiar de reglaj;

$Y(t)$ — variația cursei tijei servomotorului de acționare a VR—CIP (mm);

*Dr. ing. Haralambie Cristea este șef colectiv de cercetare la ICEMENERG — București.

$Y'(t)$ — variația cursei tijei servomotorului de acționare a VR-CMP (mm).

Pe baza analizei formei răspunsului indicial al variabilelor de stare ale SRAV se estimează expresia analitică în domeniul timp, a răspunsului blocului regulator, ca fiind de forma:

$$\Delta Y(t)=h(t)\ast u(t)=\Delta Y(\alpha)(1-e^{-\frac{1}{T}}), \qquad (1)$$

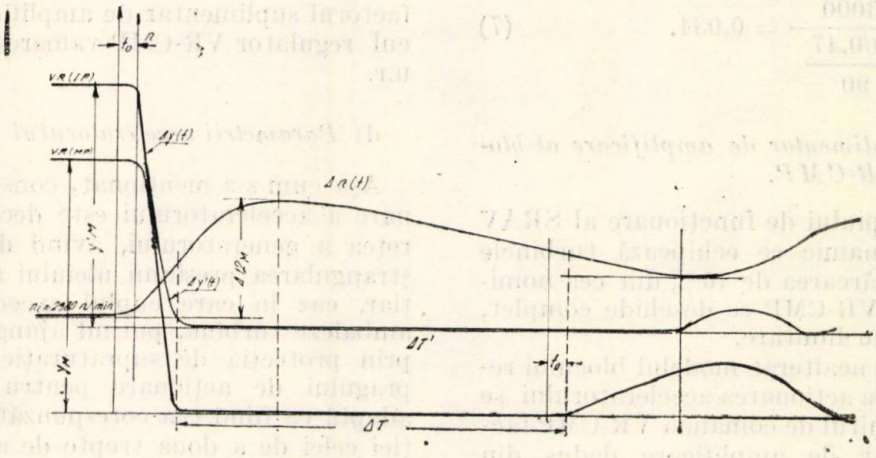


Fig. 2. Proba de aruncare a sarcinii la TAI din CET Vest.

în care:

$h(t)$ este funcția pondere;

$u(t)$ — semnalul de probă;

T — constanta de timp.

Trecînd în domeniul Laplace se obține următoarea expresie pentru răspunsul sistemului:

$$\Delta Y(s) = H(s) \cdot u(s), \qquad (2)$$

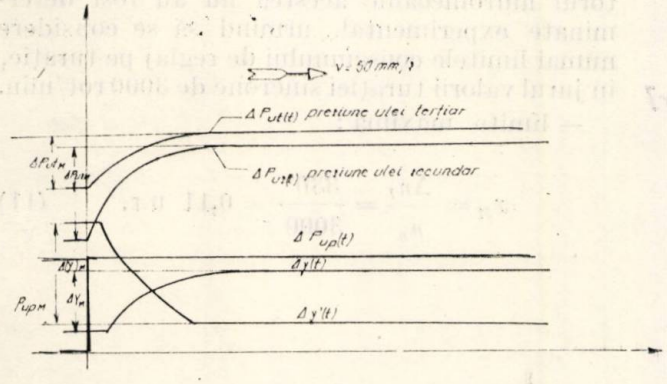


Fig. 3.

din care rezultă funcția de transfer a blocului regulator CIP.

$$H(s) = \frac{\Delta Y(s)}{u(s)} = \frac{\Delta Y(0_+)}{u(0_+)} \cdot \frac{1}{1+T\cdot s} = K\frac{1}{1+T\cdot s}, \qquad (3)$$

în care:

$K = \dfrac{\Delta Y(0_+)}{u(0_+)}$ este factorul de amplificare al regulatorului.

În mod analog se obține funcția de transfer pentru blocul regulator CMP:

$$H'(s) = \frac{\Delta Y'(s)}{u(s)} = \frac{\Delta Y'(0_+)}{u(0_+)} \cdot \frac{1}{1+T'\cdot s} =$$

$$= K' \frac{1}{1+T'\cdot s}. \qquad (4)$$

3. Parametrii modelului SRAV

Potrivit principiului de funcționare al SRAV, la deconectarea generatorului de la rețea acceleratorul tip releu drenează instantaneu presiunea uleiului secundar (p_{us}) și terțiar (p_{ut}) de reglaj, proces ce modelează, la scara respectivă, variația treaptă a turației ca mărime de intrare în blocul regulator. Saltul treaptă al turației este echivalent cu abaterea maximă măsurată pe curba $p_{up}(t)$ din figura 3, reprezentînd variația treaptă a presiunii uleiului primar.

Scrise sub forma utilizată curent în reprezentarea modelelor SRAV pentru turbine, expresiile funcțiilor de transfer au structura:

$$H(s) = \frac{1}{b_p + T_x \cdot s}, \text{ respectiv } H'(s) = \frac{1}{b'_b + T'_x \cdot s}, \qquad (5)$$

în care:

$b_p = 1/k$ reprezintă statismul permanent;

T_x — timpul caracteristic promptitudinii.

Avînd la bază considerentele expuse mai sus și folosind înregistrările variabilelor de stare din regim tranzitoriu la deconectarea grupului de la rețea (fig. 2) se deduc parametrii funcției de transfer (Publicația CEI 308/1970) astfel:

a) *Statismul permanent*:

$$b_p = b'_p = \frac{1}{\Delta Y/\Delta x} = \frac{1}{\dfrac{\Delta p}{P_n}\Big/\dfrac{n_0}{\Delta n(\infty)}} =$$

$$= \frac{\Delta n(\infty)}{n_0} \cdot \frac{P_n}{\Delta p} = \frac{132{,}54}{3000} \cdot \frac{125}{107} = 0{,}052 \cdot \qquad (6)$$

b) *Timpul caracteristic promptitudinii* :

$$T_x = T'_x = \frac{\Delta x_M}{\Delta(\Delta y/\Delta x)} = \frac{\frac{\Delta n_M}{\Delta n_0}}{\frac{\Delta Y/T_f}{Y_M}} =$$

$$= \frac{\frac{219}{3000}}{\frac{90/0,47}{90}} = 0,034. \qquad (7)$$

c) *Factorul suplimentar de amplificare al blocului regulator VR-CMP.*

Potrivit principiului de funcţionare al SRAV de tipul hidrodinamic ce echipează turbinele K-125-141, la încărcarea de 40% din cea nominală a turbinei, VR-CMP se deschide complet, după care intră în limitare.

Pentru a păstra nealterat modelul blocului regulator VR-CIP la acţionarea acceleratorului se introduce pe circuitul de comandă VR-CMP factorul suplimentar de amplificare dedus din caracteristicile statice presiune ulei reglaj, cursă tijă servomotor (fig. 4).

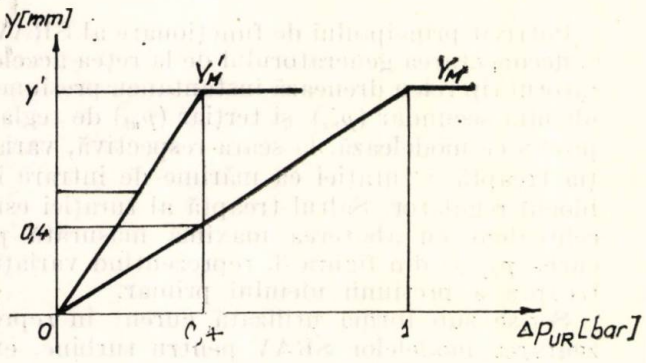


Fig. 4. Caracteristicile statice ale blocurilor regulatoare CIP(a) şi CMP(b): P_{UR} — presiunea uleiului de reglaj (bar); y — cursa tijei servomotorului de acţionare a VR — CIP; y' — cursa tijei servomotorului de acţionare a VIR — CIP.

Valoarea curentă a cursei servomotorului VR-CIP şi VR-CMP se scrie :

$$y = k_{CIP} \cdot p_{uR} = 0,4 \text{ u.r.} \qquad (8)$$

$$y' = k_{CMP} \cdot p_{uR} = 1 \text{ u.r.} \qquad (9)$$

Deoarece valoarea lui $k_{CIP}=1$ rezultă pentru factorul suplimentar de amplificare pentru blocul regulator VR-CMP valoarea $k_T = k_{CMP}=2,5$ u.r.

d) *Parametrii acceleratorului*

Aşa cum s-a menţionat, consemnul de acţionare a acceleratorului este deconectarea de la reţea a generatorului, avînd drept consecinţă strangularea presiunii uleiului secundar şi terţiar, caz în care cuplul excedentar tinde să ambaleze turbina, putînd ajunge să declanşeze prin protecţia de supraturaţie. Deci valoarea pragului de acţionare pentru accelerator se adoptă ca fiind cea corespunzătoare supraturaţiei celei de a doua trepte de acţionare a protecţiei, şi anume :

$$x_a = \frac{\Delta n_{II}}{n_n} = \frac{380}{3000} = 0,127 \text{ u.r.} \qquad (10)$$

e) *Parametrii blocurilor neliniare ale SRAV*

Insensibilitatea şi jocurile reprezintă cauzele care introduc nelinearităţi în modelul SRAV sub formă de prag şi histerezis. Pentru regulatorul hidromecanic acestea nu au fost determinate experimental, urmînd să se considere numai limitele consemnului de reglaj pe turaţie, în jurul valorii turaţiei sincrone de 3000 rot/min.

— limita maximă :

$$x_M = \frac{\Delta n_I}{n_n} = \frac{330}{3000} = 0,11 \text{ u.r.} \qquad (11)$$

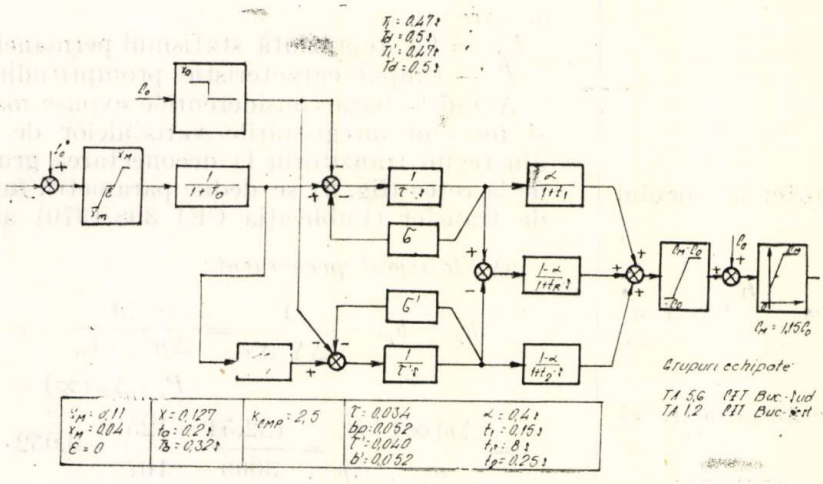


Fig. 5. Structura şi parametrii modelului SRAV turbina K-12-5141.

n_I — valoarea primei trepte de reglaj a protecției de suprasaturație a turbinei;

— limita minimă:

$$x_m = \frac{n_m - n_n}{n_n} = \frac{2720 - 3000}{3000} = -0{,}09 \text{ u.r.} \quad (12)$$

n_m — valoarea de minim tehnic a turației grupului.

Schema modelului SRAV astfel identificat (3) este prezentată în figura 5.

4. Concluzii

— Probele efectuate pentru identificarea modelului SRAV la turbina K-125-141 sînt utile, deoarece prin cunoașterea funcțiunilor și parametrilor blocurilor funcționale componente se realizează mai ușor reglajele și acordările necesare funcționării automaticii de sistem de zonare și insularizare.

— Probele efectuate nu sînt concludente pentru analiza posibilității funcționării grupului în insulă pe serviciile interne la deconectarea de la rețea prin automatica de sistem de minimă frecvență.

În acest caz valoarea turației inițiale este mult diferită (sub 2850 rot/min) și în afara benzii de reglaj.

— Variațiile neliniare ale mărimilor după scurgerea duratei ΔT de închidere a VR (fig. 2) sînt cauzate de neacordarea acestei durate cu turația inițială de deconectare a grupului de la rețea. În acest caz durata de închidere este mai mică decît valoarea optimă.

— Probele de identificare, în vederea analizei comportării și acordării parametrilor modelelor SRAV, necesită aparatură specializată pentru prelevarea și înregistrarea variabilelor de stare din circuitele SRAV.

Bibliografie

1. Cristea, H., Nechita, N. — *Studiu privind oportunitatea determinării prin identificare a parametrilor și caracteristicilor echivalente ale elementelor și subansamblurilor SEN.* Lucrare ICEMENERG — LSEIC, 95.335.
2. Popovici M., Liță, M. — *Asistență tehnică privind comportarea sistemelor de reglaj ale turbinelor din centralele IE București.* Lucrare ICEMENERG — LCCT, 88198/1978.
3. Cristea, H., Feciorou, I. ș.a. — *Identificarea parametrilor generatoarelor, modelelor SRAE și SRAV adoptate în calculul regimurilor pentru grupuri energetice.* Lucrare ICEMENERG — LSE 15.408/1980.
4. * * * — PE 509/1975 — *Instrucțiuni privind probele funcționale ale sistemelor de reglare automată a tensiunii și vitezei grupurilor energetice.* M.E.E.
5. * * * — *Code international d'essai des régulateurs de vitesses pour turbines hydrauliques.* Publication 308/1970.

(Primit la 4 iunie 1982, acceptat la 9 octombrie 1982)

Opțiuni și perspective ale utilizării forței vîntului în scopul producerii energiei electrice

Ing. Gh. Voicu, ing. Cr. Țânțăreanu, ing. V. Vlad, ing. M. Tudor *

Scurt istoric

Primele mori de vînt sînt atestate în Asia Mică, apoi în China, pătrunzînd în nordul Africii, iar în secolele XI — XIII, datorită arabilor, și în Europa. Spre deosebire de morile de vînt asiatice cu ax vertical, cele europene sînt cu ax orizontal. Perfecționate continuu, morile cu patru pale în cruce, construite cu miile în zonele costiere ale Europei de nord, creează imaginea familiară a „morilor olandeze".

Pe teritoriul României se pare că primele mori de vînt datează din secolul al XIII-lea. La sfîrșitul secolului trecut, în Dobrogea și Moldova funcționau aproape 1000 mori. În număr mare asemenea mori existau și în Muntenia, Transilvania și Banat.

Deși utilizarea forței vîntului se diversifică prin crearea presei de ulei, ferăstraie ș.a., practic cîteva secole nu se introduce nici o tehnologie care să revoluționeze acest domeniu. La mijlocul secolului trecut în S.U.A. începe să se fabrice o instalație eoliană pentru pompajul local al apei, devenită și ea familiară. Este „roata fermierului", cu un rotor multipală de mici dimensiuni, care spre sfîrșitul secolului trecut începe să se utilizeze cuplat cu un generator, pentru producerea de energie electrică, puterea nedepășind în general un kilowatt.

Dezvoltarea industrială — răspîndirea motorului cu explozie și electrificarea rurală — duce la scăderea interesului pentru astfel de instalații, perioada anilor '30 reprezentînd apogeul acestor utilizări. Totuși în deceniul al 5-lea funcționau în întreaga lume sute de mii de instalații de mică putere (S.U.A., U.R.S.S., Africa de Sud etc.).

Rarele preocupări legate de o utilizare la nivel industrial, Balaklava — U.R.S.S. (de 100 kW ce a funcționat între 1931—1944); Vermont — S.U.A. (de 1250 kW, 1941—1945); Nogent le Roi — Franța (800 kW, 1959—1964) ș.a. demonstrau, încă o dată, disponibilitățile

* Ing. Gh. Voicu, ing. Cr. Țânțăreanu și ing. V. Vlad sînt cercetători științifici principali la ICEMENERG; ing. M. Tudor este cercetător științific la același institut.

unei surse de energie a cărei utilizare fusese validată de milenii. Unele dificultăți tehnice, combinate cu conjunctura economică, au dus, rînd pe rînd, la abandonarea chiar și a celor mai ambițioase programe.

Odată cu criza energiei se „redescoperă" această sursă de energie. Multe din țările lumii — și în special cele industrializate — lansează după anul 1973 programe vizînd realizarea, pe baza celor mai moderne tehnologii, a unor aerogeneratoare de mare putere, competitive cu soluțiile clasice.

La noi în țară în anii 1974—1975, sub coordonarea Consiliului Național pentru Știință și Tehnologie, se demarează un program de cercetări, vizînd în special realizarea de echipamente pentru utilizări locale. În domeniul specific al energeticii, M.E.E. dezvoltă din toamna anului 1979 un program de cercetări propriu sub coordonarea ICEMENERG. În prezentul articol se încearcă trecerea în revistă a principalelor orientări ale acestui program.

Rezultatele obținute și experiența, proprie și a altora, acumulată pînă în prezent, a dus la cristalizarea unor elemente de concepție, care permit să se afirme că pornind de la disponibilitățile tehnologice existente în țara noastră se poate începe implementarea la scară industrială a forței vîntului în energetică.

1. Considerații generale

Energia eoliană, ca și cea a apelor, este inepuizabilă, nepoluantă, gratuită (odată investiția făcută), dar toate aceste calități sînt umbrite (de obicei în mod exagerat) în ochii oricărui beneficiar de caracterul ei dispersat, intermitent și aleatoriu.

Conversia forței vîntului în energie electrică sau mecanică beneficiază — între sursele neconvenționale — de tehnologia cea mai matură, bazată pe o îndelungată experiență istorică. Și totuși, paradoxal, această conversie prezintă un accentuat caracter de noutate, deoarece pentru a fi competitivă cere tehnologii de elită, încă insuficient „banalizate", accesibile numai cu un serios efort propriu de cercetare-dezvoltare [1].

În continuare vom reaminti succint elementele generale strict necesare pentru receptarea considerațiilor pe tema propusă, fără a insista asupra lor, deoarece, pe de o parte, aceste elemente sînt prezentate des în literatura de specialitate [2], iar, pe de altă parte, este în intenția autorilor ca unele aspecte de detaliu să fie reluate concret în alte articole.

Performanțele energetice ale unui aerogenerator sînt determinate hotărîtor de caracteristicile vîntului într-un anumit amplasament, între două amplasamente apropiate energia captată putînd varia foarte mult. De asemenea, viteza vîntului este o funcție crescătoare cu înălțimea de la sol și altitudinea deasupra nivelului mării. De aceea, potențialul eolian trebuie mai întîi prospectat, iar amplasarea unei instalații se face numai după o campanie de măsurători specifice de durată și o prelucrare complexă a datelor meteo.

Puterea vîntului pe o unitate de suprafață este funcție de densitatea aerului și de cubul vitezei vîntului.

Instalațiile eoliene clasice cu rotor în cîmp liber nu pot însă extrage întreaga energie conținută în curentul de aer. Chiar în condiții ideale doar un maximum de 59,3% din energia vîntului (coeficientul Betz) poate fi obținut. Expresia puterii electrice furnizate de un aerogenerator este deci:

$$P = \frac{1}{2} \eta c_p S \rho v^3, \quad [W]$$

unde: η — înglobează randamentul total al componentelor electromecanice între axul turbinei și bornele generatorului;
c_p — coeficientul de putere, este raportul între puterea recuperată la axul turbinei și puterea vîntului;
S — suprafața baleiată de pale, în m^2;
ρ — densitatea aerului, în kg/m^3;
v — viteza vîntului, în m/s.

Variația coeficientului de putere c_p pentru diferite tipuri de eoliene în funcție de un alt parametru specific — rapiditatea — se prezintă în figura 1.

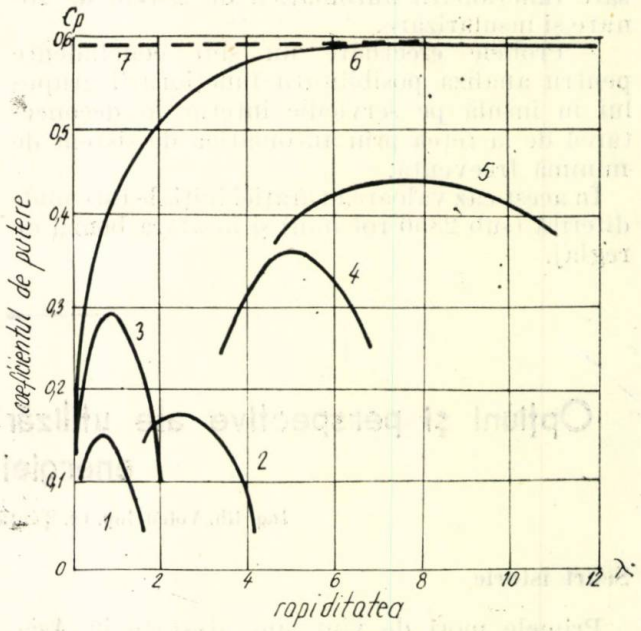


Fig. 1. Coeficientul de putere pentru diferite tipuri de rotoare eoliene: 1 — roata fermierului american; 2 — moară olandeză; 3 — rotor tip Savonius; 4 — rotor tip Darrieus; 5 — rotor cu elice rapidă bi sau tripală; 6 — caracteristica ideală pentru rotor cu ax orizontal (elice); 7 — limita lui Betz.

Rapiditatea este raportul între viteza periferică a palelor turbinei și viteza vîntului.

Din punct de vedere constructiv pentru aerogeneratoare interesează următoarele două tipuri constructive principale:

— instalațiile cu ax orizontal cu rotor tip elice;

— instalațiile cu ax vertical (Darrieus sau derivate de tipul ciclo-giro).

Numărul palelor la rotoarele cu ax orizontal diferă de la una sau cîteva pale pînă la cîteva zeci; cu cît numărul palelor crește, crește și cuplul, dar scade turația. De aceea, alături de rațiuni economice, pentru producerea de energie electrică se impun rotoarele denumite „rapide" cu un număr redus de pale.

Rotorul cu ax orizontal necesită orientarea în vînt şi un sistem de protecţie la viteze mari de vînt. De obicei principala tehnologie de control a regimului rotorului este reglajul unghiului sub care palele primesc vectorul viteză vînt.

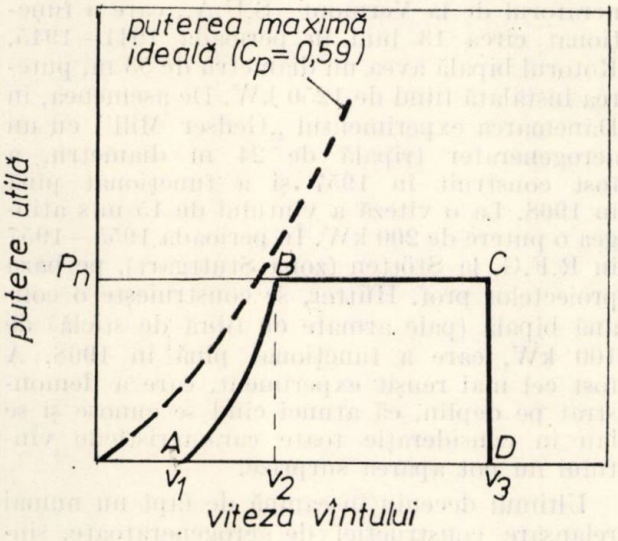


Fig. 2. Caracteristica tipică de funcţionare a unui aerogenerator (turaţia rotorului este constantă): v_1 — viteza vîntului de demaraj; v_2 — viteza nominală; v_3 — viteza maximă admisă de funcţionare; B-C — limitare de putere la puterea nominală; C-D — oprirea instalaţiei.

Diagrama tipică a puterii produse de un aerogenerator în funcţie de viteza vîntului este dată în figura 2, unde se definesc şi alţi parametri caracteristici, cum sînt: viteza vîntului de demaraj, viteza vîntului de scoatere din funcţiune.

Neregularităţile în regimul vîntului ridică problema regularizării energiei. Pentru aerogeneratoare de puteri medii şi mari, funcţionînd izolat, se poate imagina un sistem de stocare a energiei prin pomparea apei într-un rezervor amplasat la o cotă superioară, apă care prin cădere va acţiona turbina hidro ce livrează energia regularizată. Schema presupune un „ax electric" în regim autonom, care să lege aerogeneratoarele cu electropompele. Procedeul este tehnico-economic promiţător, cu condiţia ca natura să furnizeze gratuit cele două rezervoare sau amplasarea aerogeneratoarelor să se facă într-o amenajare hidro deja existentă într-o zonă cu potenţial eolian ridicat.

Dacă aerogeneratorul debitează într-o reţea de distribuţie locală alimentată şi de alte tipuri de generatoare electrice, regularizarea energiei eoliene se face indirect prin corelarea puterilor generate în reţea, astfel că energia eoliană substituie o parte din energia obţinută prin alte forme.*

Cea mai avantajoasă schemă de utilizare a aerogeneratoarelor este debitarea energiei în sistemul naţional, schemă în care reglajul de tensiune şi de frecvenţă se simplifică mult şi în care nu se pune problema regularizării.

2. Potenţialul eolian al României

Cantitatea de energie solară de care beneficiază teritoriul ţării noastre într-un an mediu este estimată la circa 57000 mil. t c.c. Din această cantitate ceva mai mult de 2%, echivalent cu circa 1200 mil. t c.c./an, se disipă în atmosferă, convertindu-se în energie eoliană (spre comparaţie numai 11 mil. t c.c. — circa 0,02 % — se înglobează anual în masa vegetală).

Potenţialul teoretic total disponibil al energiei eoliene reprezintă o fracţiune din cantitatea menţionată mai sus, proporţională cu energia maselor de aer în mişcare, a unei fişii din atmosferă pînă la o înălţime, de la sol, de 200 m. Această înălţime — arbitrar aleasă — pleacă de la presupunerea că este tehnic posibil să se construiască aerogeneratoare de asemenea dimensiuni** încît să baleieze întreaga fişie.

Deci:

$$E_{disp.} = 1200 \times 10^6 \frac{\rho_0 + \rho_{200}}{\rho_0 + \rho_{11000}} \times \frac{h_{200}}{h_{atm.}}.$$

Ţinînd cont că:

$\rho_{200} \cong \rho_0$; $h_{200} = 200$ m;

$\rho_{11000} = 0{,}24\ \rho_0$; $h_{atm.} = 11000$ m.

Rezultă:

$$E_{disp.} \cong 35 \times 10^6 \text{ t c.c./an.}$$

Această energie poate fi convertită în energie electrică sau mecanică, cu un randament global de 0,40 ($C_p^{max.\ real} = 0{,}48$; $\eta_{mec.}^{max.} = 0{,}98$; $\eta_{el.}^{max.} = 0{,}95$) şi în acest caz vom obţine:

$$E_{util} \cong 111 \times 10^9 \text{ kWh/an.}$$

* În ţara noastră merită de semnalat situaţia cvasisingulară a amplasării unor aerogeneratoare în localitatea Sf. Gheorghe-Deltă; pe de o parte, localitatea este izolată faţă de SEN, fiind alimentată cu energie electrică de cîteva grupuri diesel şi, pe de altă parte, se află într-o zonă cu o viteză medie a vîntului ridicată. Aici aerogeneratoarele pot substitui o mare parte din puterea generată de grupurile diesel (şi deci din combustibilul consumat), acestora din urmă revenindu-le, în principal, sarcina de reglaj de tensiune şi frecvenţă.

** Există deja proiecte de grupuri aerogeneratoare care ating înălţimi totale de 180—200 m şi care baleiază circa 85—90% din acest cîmp, iar unele propuneri vizează montarea aerogeneratoarelor grupate în baterii, condiţii în care se depăşeşte cu mult această înălţime.

Ar trebui să avem în vedere şi instalarea unor aerogeneratoare în zona înaltă a atmosferei, în special la limita troposferei (10—12 km) unde acţionează „curenţii fulger" ("jet-streams"), în care viteza medie a vîntului este de 80 km/h ÷ 150 km/h, dar valoarea instantanee poate depăşi adesea 400 km/h. Pentru valorificarea "jet-streams" există un interesant proiect de centrală eolianoelectrică al savantului de origine română Herman Oberth, dar astfel de instalaţii, ce ar permite recuperarea unei fracţiuni şi mai mari din potenţialul total, sînt de domeniul unui viitor mai îndepărtat.

Prima estimare teoretică a acestei energii pentru teritoriul României a fost făcută de prof. Dorin Pavel [3], care ajunge la o energie disponibilă totală de 200×10^9 kWh/an și respectiv o energie utilizabilă real de circa 26×10^9 kWh/an (consideră că numai o treime din suprafața țării permite instalarea de rotoare eoliene cu randament global 0,39).

Prof. D. Pavel a făcut calcule concrete, luînd ca referință producția unui aerogenerator cu ax orizontal, cu rotor în curent liber, de diametru 50 m, plasat pe vîrful Omu (Bucegi) și considerînd în mod arbitrar că distanța dintre două rotoare ar fi de 170 m. S-a calculat potențialul eolian pentru toate lanțurile culmilor din fiecare masiv, făcînd aprecieri pentru corectarea vitezelor din masivul Bucegi, corespunzător amplasamentelor respective. Rezultatele calculelor indică o cifră destul de modestă $E_{real} = 5{,}8 \times 10^9$ kWh/an (din care Dobrogea $0{,}63 \times 10^9$ kWh/an).

Calcule mai exacte, utilizînd date meteorologice complete de la 9 stații meteorologice montane, se fac ulterior la ICEMENERG pentru zona montană [4]. Generalizînd aceste date pentru întreaga zonă montană și pornind de la ipoteza că se instalează pe toți munții țării aerogeneratoare cu o densitate de 2 buc./km liniar de creastă și respectiv 2 buc./km² versant, s-a estimat că potențialul tehnic amenajabil este de 67×10^9 kWh/an. Efectuînd și calcule tehnico-economice s-a ajuns la concluzia că potențialul economic amenajabil (la nivelul prețurilor anului 1976) era de $20{,}3 \times 10^9$ kWh/an, în circa 4700 instalații.

Calculul potențialului a permis și detectarea masivelor montane care prezintă maximum de interes din punct de vedere energoeolian, respectiv cu o productibilitate anuală de peste 2000 kWh/m² și an: Țarcu, Godeanu, Retezat, Parîng, Făgăraș, Iezer și Bucegi. Celelalte zone, în special cele situate la altitudini mai mici (sub 1500 m), sînt necompetitive din punctul de vedere al potențialului. Aceste aprecieri globale nu țin seama de unele particularități care fac ca în anumite zone, local, să existe un potențial mai ridicat.

În momentul de față în ICEMENERG sînt reluate, la un nivel calitativ superior, calculele energetice, iar la I.S.P.H. s-au aprofundat unele considerații economice, clarificîndu-se, spre exemplu, criteriile de alegere a vitezei nominale de dimensionare într-un amplasament dat. Aceste noi calcule pornesc însă tot de la vechile date meteorologice, rezultate din cîteva observații vizuale pe zi.

Trecerea la contorizarea permanentă a vîntului în timp și pe trepte de viteză cu aparatură care să înlăture subiectivismul observațiilor vizuale va constitui o etapă importantă în îmbunătățitea estimărilor de potențialul energoeolian. Pînă atunci trebuie să reținem însă faptul că potențialul energoeolian al României este de același ordin de mărime cu potențialul hidroenergetic inventariat (evaluat la 40×10^9 kWh/an). Precizăm că circa 76% din potențialul eolian se concentrează în zona montană a țării.

3. Realizări în lume în construcția de aerogeneratoare

Cîteva instalații mari, cu caracter industrial, au fost construite încă de acum 40—50 de ani. Merită de amintit, printre acestea, aerogeneratorul de la Vermont—S.U.A., care a funcționat circa 13 luni în perioada 1941—1945. Rotorul bipală avea un diametru de 53 m, puterea instalată fiind de 1250 kW. De asemenea, în Danemarca experimentul „Gedser Mill" cu un aerogenerater tripală de 24 m diametru, a fost construit în 1957 și a funcționat pînă în 1968. La o viteză a vîntului de 15 m/s atingea o putere de 200 kW. În perioada 1955—1957 în R.F.G. la Stötten (zona Stuttgart), pe baza proiectelor prof. Hütter, se construiește o eoliană bipală (pale armate cu fibră de sticlă) de 100 kW, care a funcționat pînă în 1968. A fost cel mai reușit experiment, care a demonstrat pe deplin, că atunci cînd se cunosc și se iau în considerație toate caracteristicile vîntului nu pot apărea surprize.

Ultimul deceniu înseamnă de fapt nu numai relansare construcției de aerogeneratoare, singurele instalații eoliene capabile să aibă un aport în balanța energetică, ci și o perioadă de reactualizare a tuturor concepțiilor tehnice și tehnologice.

În țările care au deja o tradiție, cum sînt S.U.A., R.F.G., Danemarca, Suedia, apare o nouă generație de instalații eoliene, realizate și testate în cadrul unor programe de cercetare [5].

În tabelul 1 sînt sintetizate cele mai reprezentative instalații de mare putere existente la ora actuală.

S.U.A. au deschis programul eolian al instalațiilor de tip MOD cu ax orizontal cu instalația MOD 0 de 100 kW, la care apar elementele principale ale noilor generații:

— orientare automată în direcția vîntului;
— reglaj automat al unghiului palelor;
— conducerea prin calculator de proces;
— reglajul rapid al mărimilor electrice în condițiile rafalelor de vînt.

Primii ani de exploatare experimentală a acestei instalații au fost de o importanță deosebită și au contribuit la cristalizarea în scurt timp a unei concepții tehnice viabile și a unei filiere tehnologice optime pentru instalațiile cu ax orizontal și rotor rapid.

Aerogeneratoarele MOD OA de 200 kW, amplasate în patru locuri diferite, au adus și ele o experiență fundamentală. În total aceste aerogeneratoare au însumat pînă la 30 iunie 1982, 38000 ore de funcționare experimentală și au generat $3{,}7 \times 10^3$ MWh.

Următorul pas este de fapt un salt, deoarece instalația MOD 1, montată în Carolina de Nord, intră în familia aerogeneratoarelor de mare putere, care depășesc bariera megawa-

Tabelul 1

Instalații eoliene reprezentative de mare putere

Nr. crt.	Țara, amplasamentul, denumirea	Viteza nominală a vîntului (m/s)		Diametrul rotorului (m)	Puterea nominală (kW)	Tipul rotorului	Nr. pale	Data punerii în funcțiune (luna, anul)	Situația, în prezent, observații
		la axul rotorului	la înălțimea standard (9–10m)						
1	S.U.A.-Sandussky-MOD 0	9,5	8	37	100	H-AV	2	1975	FCT
2	S.U.A.-Clayton-MOD OA	10	8,2	38	4×100	H-AV	2	02.1978	FCT Alte trei turbine funcționează în amplasamentele Culebra, Block Island și Oahu-Hawaii
3	S.U.A.-Boone-MOD 1	14,5	11,4	68	2000	H-AV	2	03.1980	FCT
4	S.U.A.-Goldendale MOD 2	12,3	9	91,4	3×2500	H-AM	2	1981	FCT –3 unități– Alte două unități funcționează în amplasamentele Solano County și Medicine Bow
5	S.U.A.-MOD 5A	13,4	9,2	122	6200	H-AM	2	1984	EX
6	S.U.A.-MOD 5B	13,6	9,3	128	7200	H-AM	2	1984	EX
7	S.U.A.-Palm Springs	17,8	14,2	50	3000	H-AM	3	12.1980	FCT
8	S.U.A.-Medicine Bow WTS-4	15,1	11,8	78,1	4000	H-AV	2	10.1982	PIF
9	S.U.A.-MP-200	13,4		24	3×200	H-AM	3	01.1981	FCT 3 unități în amplasamente diferite
10	S.U.A.-Palm Springs		12,8	27	2×510	H	3	04.1981	RC Altă turbină se află în Oregon
11	S.U.A.-Rocky Flats			17	3×100	D	2	08.1980	FCT Alte două unități în funcțiune în alte amplasamente
12	Canada-ins. Magdalena		15	24,4	240	D	2	07.1977	RC
13	Suedia-Maglarp WTS-3	13,9	10,8	78,1	3000	H-AV	2	02.1983	PIF
14	Suedia-Gotland	12,5	9,8	75	2000	H-AM	2	02.1983	PIF
15	Danemarca-Tvind	15	11,9	54	2000	H-AV	3	04.1978	FCT
16	Danemarca-Nibe	13	10,4	40	2×630	H-AM	3	01.1980	FCT –2 unități–
17	R.F.G.-Brunsbüttel GROWIAN I	12	8,5	100	3000	H-AV	2	03.1982	PIF
18	R.F.G.-Stötten	8,5	6,4	52	265	H-AV	2	03.1982	FCT
19	R.F.G.-Bremerhaven GROWIAN II model	11	9	48	350	H-AV	1	10.1982	PIF
20	ANGLIA-ins. Orkney	17	15,5	20	250	H-AM	2	1983	EX
21	ANGLIA-ins. Orkney	17	13,4	60	3000	H-AM	2		PR
22	URSS	12	10	34	250	H-AM	3		FCT
23	R.F.G. GROWIAN II	11,3	7,5	145	5000	H-AV	1		PR
24	FRANȚA-Ouessant	15	13,5	18	100	H-AM	2	01.1980	RC

S-a notat:

H — ax orizontal
AV — rotor aval de stilp
AM — rotor amonte de stilp
D — tip Darrieus, ax vertical

FCT — în funcțiune
EX — în execuție
RC — se aduc îmbunătățiri constructive
PR — în proiect
PIF — în probe de punere în funcțiune

tului, nivel la care echipamentele au toate caracteristicile macroenergeticii (nacela are o greutate totală, inclusiv echipamentul, de 85 t, pala este de 9 t etc.).

În timpul primei perioade de exploatare s-au constatat zgomote și vibrații supărătoare. Pentru depășirea zonei de rezonanță, turația nominală a rotorului a fost modificată de la 35 rot/min la 23 rot/min. Studiile de detaliu au arătat că acest zgomot crescut, ce apare la unele viteze ale vîntului și în anumite condiții climatice, se datora trecerii palelor în dreptul stîlpului aflat în amonte.

Odată cu realizarea centralei eoliene experimentale Goldendale cu trei grupuri MOD 2 de 2,5 MW se face un nou salt calitativ. Centrala este destinată alimentării exclusiv a sistemului energetic interconectat al Bonneville Power Administration, realizîndu-se o exploatare combinată cu grupurile hidrocentralelor de pe rîul Columbia. Se remarcă construcția turbinei la care cele două pale sînt de fapt o singură grindă metalică cu ax de rotație central, iar reglajul unghiului palei se face numai pentru extremități (circa 1/3 din pală). Tot echipamentul se află într-o nacelă cu dimensiunile 11 ×3,4 ×2,8 m, pivotînd pe un turn metalic cilindric de 64 m înălțime.

Execuția centralei a început în 1977 și cele trei grupuri au fost puse succesiv în funcțiune în decembrie 1980, mai 1981 și august 1981, urmînd o perioadă de exploatare experimentală de doi ani.

Merită de menționat avaria apărută la 8 iunie 1981 la grupul nr. 1 : la o manevră de oprire, din cauză nefuncționării unui ventil hidraulic (datorită unor impurități din ulei), comanda de punere a palelor în drapel nu s-a îndeplinit. Nesesizînd acest lucru, calculatorul de proces a comandat în continuare scenariul de oprire, deconectînd generatorul electric, ceea ce a însemnat de fapt o aruncare a sarcinii. Rotorul a fost accelerat cu 68% peste turația nominală. Generatorul electric și o componentă a axului cinematic s-au deteriorat, necesitînd remedieri pentru repunerea în funcțiune a grupului.

Cu excepția acestui incident exploatarea experimentală a grupurilor se desfășoară satisfăcător, iar energia electrică produsă de centrala eoliană de la Goldendale este pînă în prezent cea mai ieftină din seria MOD.

De fapt, obiectivul declarat al întregului program federal patronat de Departamentul energiei (DOE) este acela al realizării unor aerogeneratoare, competitive cu sursele clasice, care în condiții de fiabilitate să funcționeze 30 ani și să livreze energie la un preț de cost mai scăzut de 5 cenți/kWh (valoare 1980).

Ultimul din seria de aerogeneratoare din programul federal este MOD 5, studiat în două variante, care permit tratarea paralelă a diferitelor elemente tehnologice. Pentru prima dată la seria MOD apare materializat conceptul de turație variabilă a rotorului, soluția constructivă cu generator asincron, cutie de viteză integrată ș.a. Proiectele de execuție sînt deja întocmite și punerea în funcțiune va avea loc în anul 1984, după care vor urma doi ani de exploatare experimentală.

De îndată ce programul federal a dovedit viabilitatea tehnică a aerogeneratoarelor de

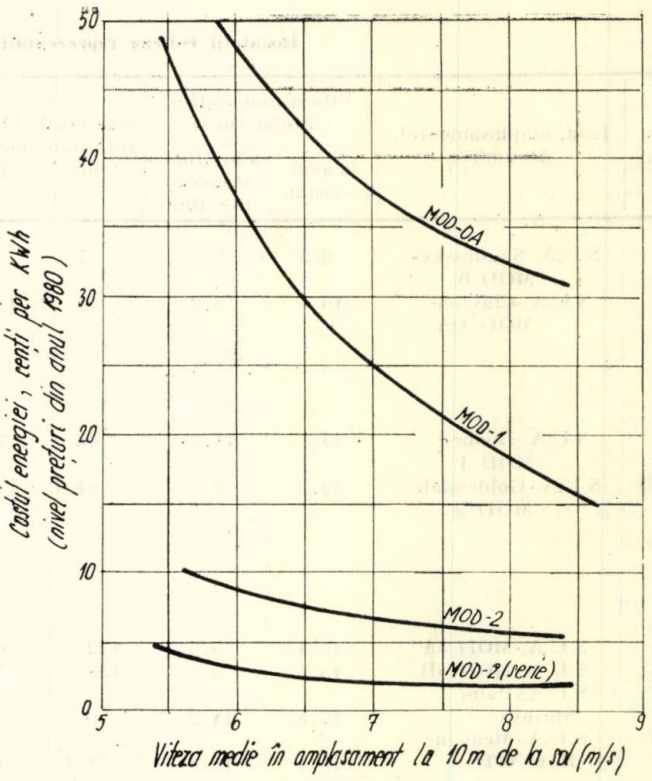


Fig. 3. Costul energiei electrice livrată cu aerogeneratoarele din programul federal american (seria MOD).

mare putere și costuri specifice interesante, industria particulară constructoare de mașini a început la rîndul ei să finanțeze masiv cercetările pentru punerea la punct a unor echipamente de serie.Un program tipic în acest sens este cel al companiei energetice „Southern California Edison Company", care prevede instalarea a circa 700 MW în aerogeneratoare pînă în anul 2000 în sistemul energetic al companiei. Prima acțiune prevede achiziționarea și punerea în funcțiune, pînă în 1986, a 51 grupuri, cu o putere instalată de 92 MW, fabricate de Hamilton Standard, Alcoa și WTL.

Și programul suedez a atins nivelul experimentărilor instalațiilor de ordinul megawaților. Șantierele navale naționale Karlskronaravaret au construit un aerogenetator de 3 MW în colaborare cu firma americană Hamilton Standard, Karlstads Mekaniska Werkstad (Kamewa), în coloaborare cu ERNO—VFW—R.F.G. a construit un alt aerogenerator de 2 MW. Fiecare contract a fost în valoare de circa 10 milioane dolari și a asigurat livrarea la cheie a instalațiilor.

Programul R.F.G. are o alură particulară. Funcționarea îndelungată a instalației Hütter de 100 kW a adus o experiență foarte bogată, astfel încît recent s-a putut trece direct la realizarea unui aerogenerator de mare putere 3 MW, aflat în prezent în probele de punere în funcțiune. Realizarea acestei instalații — GROWIAN—face parte din programul guver-

namental, constituind punctul culminant al unui ansamblu complex de cercetări desfășurat de-a lungul ultimilor 7—8 ani. Etapa următoare a programului eolian federal al R.F.G. o constituie realizarea aerogeneratorului GROWIAN II de 5 MW, în prezent fiind în curs de execuție un model operațional de 350 kW.

Danemarca continuă cercetările la cele două instalații de 630 kW de la Nibe. Instalațiile, puse în funcțiune în 1980 (ianuarie și august), au însumat 1298 ore de funcționare și au produs 245 MWh pînă în aprilie 1981.

În Marea Britanie, Departamentul energiei finanțează cu circa 5 milioane lire sterline realizarea unei instalații de 3 MW. Constructorul este un consorțiu specializat „Wind Energy Group". Anterior acestui aerogenerator se va testa o instalație similară cu o putere de 250 kW, care se află în construcție. Amplasarea celor două aerogeneratoare se va face pe insula Orkney, pentru preluarea unei părți din sarcina grupurilor diesel existente.

Nu numai țările puternic industrializate dezvoltă programe eoliene, nivelul de putere unitară medie fiind accesibil tehnologic și în țări cu dezvoltare mai puțin avansată. Ultimele informații semnalează preocupări concrete în țări ca India, Argentina etc.

Astăzi în lume sînt în funcțiune, în instalații mai mari de 100 kW, peste 40 MW, iar la finele anului 1983 această cifră se va ridica la circa 80 MW.

4. Concepția globală a programului departamental de cercetare-dezvoltare în domeniul utilizării forței vîntului în scopuri energetice. Acțiunile dezvoltate pînă în prezent.

Din programele de utilizare a forței vîntului în scopuri energetice cunoscute în lume și din realizările concrete prezentate mai sus s-au constatat următoarele:

— majoritatea țărilor industrializate dezvoltă programe naționale de cercetare (durata 10—15 ani) pentru realizarea de aerogeneratoare cu puteri unitare foarte mari (de ordinul megawaților), zeci de instalații experimentale cu puteri mai mari de 100 kW fiind în funcțiune;

— fiabilitatea unor astfel de echipamente fusese dovedită deja prin experimente mai vechi (efectuate acum 20—40 ani) în cadrul cărora instalații de 100—1 200 kW au acumulat de-a lungul anilor mii de ore de funcționare, astfel că programele actuale constituie opțiuni fundamentate științific;

— parametri nominali ai vîntului și condițiile generale care se impun la funcționare sînt similari cu cei din România;

— majoritatea covîrșitoare a realizărilor și programelor se referă la aerogeneratoare cu rotoare rapide (bi sau tripală) cu ax orizontal;

— în totalitate programele sînt coordonate de organisme naționale similare M.E.E., specialiștii în domeniul construcțiilor de mașini orientîndu-și activitatea în direcția rezolvării cerințelor impuse de tehnologia producerii energiei electrice.

Aceste informații, alături de premiza că utilizarea forței vîntului trebuie să se facă în echipamente de puteri mari (cu fiabilitate și indicatori economici comparabili cu cei de la soluțiile energetice clasice) grupate în centrale electrice conectate la SEN, au servit la conturarea obiectivelor programului departamental de cercetare-dezvoltare în domeniu. Acest program are trei priorități majore:

a) validarea și optimizarea tehnologiei de conversie a vîntului în energie electrică cu debitare în SEN;

b) energetica vîntului;

c) implementarea în sistem a centrelor electrice eoliene.

a) În privința tehnologiei de conversie a forței vîntului cercetările au condus la cristalizarea unei concepții unitare [6]. Punctăm principalele opțiuni ale acestei concepții tehnologice pentru instalații cu ax orizontal rotind în cîmp liber:

— rotorul este de tip rapid cu două sau trei pale;

— unghiul de atac al palelor este reglabil;

— instalațiile eoliene se dimensionează pentru viteze nominale și viteze maxime de funcționare ale vîntului ridicate:

$v_{nom.} = 13 \ldots 17$ m/s;

$v_{max.\ funcț.} = 20 \ldots 25$ m/s;

— rotorul se află amonte de stîlp;

— axul cinematic și întregul echipament energetic primar se află în nacela plasată pe vîrful stîlpului, rotitoare în vînt;

— axul cinematic cuprinde obligatoriu o frînă și un element elastic de transmisie;

— generatorul electric este de tip asincron, funcționînd în regim de turație variabilă;

— grad de automatizare ridicat.

Experiența de exploatare a unor instalații reale fiind capitală pentru o orientare tehnică și tehnologică corectă, ICEMENERG a fost nevoit să treacă în primul rînd la conceperea și realizarea unor instalații cu o putere cît mai mare la nivelul cunoașterii din acel moment (avînd în vedere că industria constructoare de mașini nu era pregătită să asigure instalații eoliene cu o putere notabilă). Astfel s-a realizat aerogeneratorul AM-20 de 20 kW, care a reprezentat cea mai mare instalație eoliană care a existat vreodată în România. Montată în anul 1980, pe creasta munților Căpățînii la altitudinea 1 900 m, a fost pusă în funcțiune experimentală în primăvara anului 1981, acumulîndu-se o bogată experiență specifică legată de debitarea energiei în sistem. Cele două avarii importante ce s-au produs în acest răstimp, au furnizat o experiență deosebit de valoroasă pentru creșterea fiabilității viitoarelor instalații.

În afara experimentărilor „pe viu", la ICEMENERG s-a realizat un stand experi-

mental, în scopul simulării regimurilor subansamblurilor electromecanice ce intră în componența axului cinematic la o instalație eoliană. Pe stand a fost modelat, la scara unei puteri apropiate celei de la AM-20 (15 kW), un ax cinematic standard.

Subliniem că dezvoltarea acestei tehnologii se poate face numai în trepte succesive cu puteri continuu crescătoare, pasul următor propus prin cercetările M.E.E. fiind un grup aerogenerator cu putere nominală de 100 kW (SAG-01).

În momentul de față întreaga concepție este definitivată, fiind materializată în proiect de execuție și detalii. Astăzi cunoaștem în mai bună măsură și care sînt implicațiile realizării unor aerogeneratoare cu puteri unitare de ordinul megawaților, programele de calcul special realizate în cadrul cercetărilor permițînd determinarea parametrilor dimensionali ai unor turbine pînă la 2,5 MW.

b) Determinarea parametrilor vîntului pentru o aplicație energetică, cere o aparatură de precizie adecvată și specializată în acest domeniu, dar ca și în domeniul echipamentelor de conversie, la noi în țară nu există nici experiență și nici aparatura necesară.

În decursul a trei ani de cercetări s-a realizat o întreagă sistemă de aparate care conține:
— traductorul de viteză și direcție;
— aparat contorizator al vitezei vîntului pe trepte de viteză — „contor de vînt" [7];
— aparat contorizator al drumului vîntului pe principalele direcții cardinale;
— aparat pentru înregistrarea valorii vîntului în mai multe puncte simultane pentru profile de vînt;
— microgenerator eolian de 30 W pentru alimentarea aparatelor în scopul funcționării în zone izolate;
— aparat de comandă pentru acționări regimuri instalații eoliene (releu de vînt);
— dispozitiv de orientare a nacelei unui aerogenerator pe direcția vîntului.

Toate aceste montaje au fost deja testate în cursul cercetărilor certificîndu-se soluțiile adoptate și totodată obținîndu-se primele date științifice saupra vîntului într-un amplasament din România, și anume în amplasamentul instalației AM-20 (Petrimanu—munții Căpățînii).

După obținerea datelor de bază, prin prelucrări statistice corespunzătoare, se pot stabili parametrii caracteristici ai vîntului ca: viteza medie în amplasament, curbe de durată, viteze maxime și minime caracteristice.

Trecerea de la aceste valori la energia productibilă se poate face numai prin coroborarea cu parametrii funcționali ai instalației prevăzute a se monta în acel amplasament: putere electrică instalată, putere maximă admisă pe rotor, caracteristica funcțională globală, limitări și restricții etc.

c) Odată cu conceperea unor echipamente eoliene energetice cu puteri unitare de sute de kilowați cercetătorul energetician trebuie să răspundă problemelor specifice ale implementării în SEN a centrelor electrice eoliene (CEOL).

Aceste probleme—similare celor ridicate de orice instalație și centrală energetică clasice—au, în cazul utilizării vîntului, unele particularități

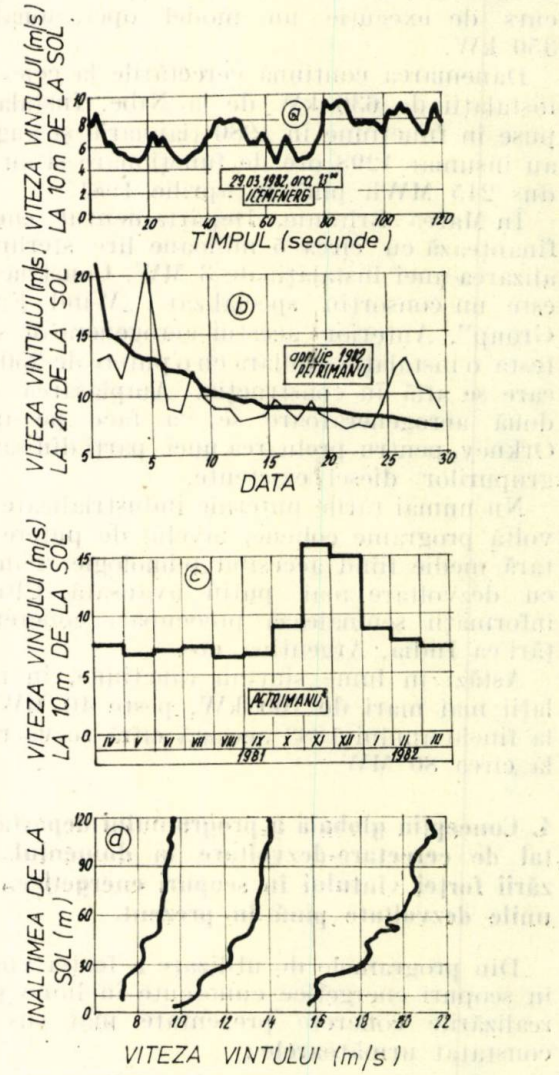


Fig. 4. Caracteristici ale vîntului: a — înregistrări rapide pentru punerea în evidență a accelerației rafalei; b — viteza medie zilnică și curba clasată pentru o lună caracteristică; c — viteza medie lunară pe durata unui an; d — variația vitezei cu înălțimea de la sol (după NASA 1982).

legate de caracterul aleatoriu al sursei primare de energie.

Un domeniu aparte îl constituie studiile de amplasament și echipare, care trebuie să țină seama neapărat de condițiile dure (climat, izolare, acces) ale amplasamentului montan înalt.

În ceea ce privește echipărea se impune conceptul că echipamentele trebuie adecvate amplasamentului (bineînțeles într-o gamă rezonabilă de tipodimensiuni). Ca și la centralele hidro, cu cît puterea unitară este mai mare, cu atît soluțiile de echipare sînt mai legate de amplasament, devenind unicate.

Pornind de la acest concept, I.S.P.H. a întocmit, prima oară în România, un studiu de amplasament al unei centrale eolianoelectrice în zona munților Făgăraș [8].

Orientarea noastră pentru instalații eoliene cu ax orizontal și rotor rapid, justificată ca optimă din punctul de vedere al tehnologiei de conversie propriu-zise, este avantajoasă și din punctul de vedere al exigențelor tehnico-economice ale implementării în SEN (principalii indicatori fiind comparabili cu cei de la microhidrocentrale).

În privința exigențelor tehnice ridicate de implementarea în sistem menționăm cîteva probleme în studiu:

— stabilirea rolului centralelor electrice eoliene în cadrul sistemului energetic;

— tehnologia de exploatarea a centralelor eoliene prin conducere centralizată;

— stabilitatea electrică a generatoarelor eoliene cuplate la sistem;

— schimbul de energie reactivă cu sistemul;

— limitarea deformării undelor de curent și tensiune datorită unor echipamente electronice de forță aferente;

— limitarea perturbațiilor aduse de regimuri tranzitorii (de exemplu conectarea la S.E.N.).

Primele rezultate obținute au condus la conturarea unor soluții tehnice cum sînt:

— utilizarea generatorului asincron chiar pentru puteri unitare mari și pentru o putere totală a CEOL de ordinul sutelor de megawați (primele studii de sistem au indicat că puterea reactivă necesară acestora se poate acoperi în condiții normale din SEN);

— conducerea aerogeneratoarelor de mare putere din cadrul CEOL cu ajutorul microcalculatorului.

Prezentarea făcută programului eolian al M.E.E. evidențiază încă o dată diversitatea și interdependența problematicii. Numai la fundamentarea acțiunilor actuale și a celor din perspectiva imediată au contribuit 18 institute de cercetare, proiectare, de învățămînt superior și execuție, care au realizat peste 70 lucrări, programe de calcul, proiecte și încercări pe model.

6. Instalație AM-20, o etapă în cadrul programului M.E.E. de implementare a forței vîntului în energetică.

Așa cum s-a amintit, încă de la demararea programului de cercetare în domeniul eolian s-a urmărit cîștigarea cît mai rapidă a unei experiențe specifice tehnologice, într-o primă etapă pe aerogeneratoare concepute, dar și realizate, de către ICEMENERG.

Prima instalație eoliană, AM-10, prefigura deja principalele opțiuni tehnologice. Instalația avea un rotor cu ax orizontal, tripală, orientabil în vînt cu un ampenaj derivor. Acționarea unghiului palelor se făcea cu aer comprimat. Între multiplicatorul de turație și generator se afla un cuplaj hidraulic.

Primele probe de exploatare s-au făcut în noiembrie 1979, cu această instalație, amplasată în incinta ICEMENERG, realizîndu-se puteri de 2—3 kW, la viteze ale vîntului de 10—12 m/s.

Deși viteza scăzută a vîntului permitea rar cuplarea aerogeneratorului la sistem, această instalație a adus o experiență deosebită în cele cîteva luni pînă la demontarea ei în vederea recuperării unor componente.

Fig. 5. Aerogeneratorul ICEMENERG AM-20.

La începutul anului 1980 se trece la construcția unei alte instalații eoliene AM-20, beneficiind de o schemă îmbunătățită față de prima.

În august 1980 echipamentul eolian, împreună cu stîlpul de susținere, au fost ridicate pe Vf. Negovanu Mic din munții Căpățînii (1900 m).

Pentru operativitate s-au utilizat în construcția AM-20 (după verificarea prin calcule de specialitate a respectării condițiilor tehnice corespunzătoare [9]) componente preluate din aviație (pale de elicopter, butuc prindere pală avion), construcția de autoturisme (frînă cu disc, cutie de viteză), ca și echipamente electrice din producția de serie.

În tabelul 2 sînt prezentate principalele caracteristici tehnice ale aerogeneratorului AM-20.

Primele încercări de funcționare a lui AM-20 cu generatorul de curent continuu debitînd în baterii tampon s-au efectuat în vara lui 1980. După ce s-a asigurat și o bază tehnico-materială minimală, care includea și racordul la LEA 6 kV în Petrimanu, punerea în funcțiune, cuplat la S.E.N., s-a făcut în aprilie 1981,

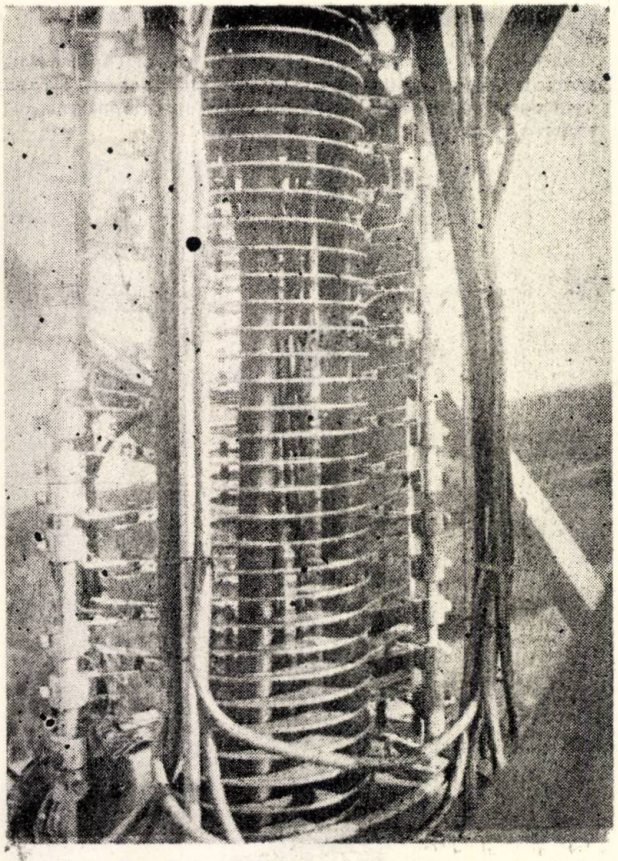


Fig. 6. Aerogeneratorul AM-20. Sistemul de contacte electrice alunecătoare pentru cele 34 de circuite între nacela orientabilă în vînt și partea fixă.

urmînd o perioadă de testări funcționale. Cum era de așteptat pe parcursul experimentării aerogeneratorului au apărut o serie de incidente, care au evidențiat punctele slabe ale instalației.

Cele mai importante au fost cele două avarii de rotor*, soldate cu deteriorarea unor echipamente componente, dar care nu au afectat ansamblul instalației, permițînd de fiecare dată lucrări de remediere, astfel că instalația este menținută în funcțiune.

La 17 septembrie 1981, la o viteză a vîntului ce varia între 8 și 12 m/s, se constată intrarea într-o puternică vibrație longitudinală a platformei rotitoare. Operatorul a acționat asupra comenzii de aducere în drapel a palelor. Simultan s-a produs ruperea unui element metalic de legătură dintre pală și butuc. Aceasta duce la dezechilibrarea puternică a rotorului, care oscilează încă de trei ori, timp în care se acționează frîna. Din momentul ruperii palei, pînă în momentul blocării rotorului, au trecut circa 5 secunde. În urma analizei de avarie s-au luat măsuri de reproiectare a pieselor în cauză și execuția lor dintr-un material de calitate superioară.

O avarie de aceeași factură are loc în seara zilei de 6 iunie 1982 : la un regim normal de funcționare, cu vînt de circa 11m/s, a avut loc ruperea unei pale (prin cedarea lonjeronului de rezistență — confecționat din poliester armat cu fibră de sticlă — la circa un metru de prinderea la butuc). Instalația a intrat într-un regim de oscilații foarte puternice. Comenzile de frînare și aducere în drapel nu au mai răspuns. Rotorul s-a ambalat. Peste aproximativ două minute, timp în care întregul stîlp oscila foarte puternic, s-au rupt celelalte două pale și apoi ampenajul de orientare în vînt. Cauza primară a avariei a fost un defect generat de solicitarea la oboseală a palei, pală care a fost preluată pentru eoliană după realizarea normei de zbor în aviație. Efectele avariei nu s-au putut limita rapid ca în primul caz, din cauza oscilațiilor puternice care au deranjat funcționarea normală a echipamentelor de comandă-acționare a frînei și unghiului palelor.

* La o instalație eoliană ruperea unei pale duce la un dublu fenomen : de amplificare a turației (prin scăderea numărului de pale) și de pendulări și oscilații datorită dezechilibrării rotorului în mișcare. Din această cauză urmările unei astfel de avarii sînt deosebit de grave, putînd merge pînă la distrugerea și prăbușirea întregului ansamblu.

Tabelul 2

Caracteristicile tehnice ale aerogeneratorului AM-20

1. *Amplasament*

Localizare	munții Căpățînii, Vf. Negovanu Mic
Altitudine	1 904 mdM
Viteza medie multianuală	7 m/s

2. *Date nominale*

Putere nominală	20 kW
Viteza vîntului nominală	13,6 m/s
Viteza vîntului de demaraj	7 m/s
Viteza vîntului maximă de funcționare	20 m/s

3. *Rotor*

Tip	ax orizontal, amonte
Diametrul	11,2 m
Număr pale	3
Turație	maximum 150 rot/min
Orientare în vînt	cu ampenaj, $s = 3,5\ m^2$
Greutate inclusiv butucul	240 kg
Unghiul axului cu orizontala	11°

4. *Transmisia*

Multiplicare mecanică	1 : 10
Cuplaj hidraulic	
Frînă cu fricțiune pe axul de JT	

5. *Generator*

Generator asincron principal	33,5 kW/1550 rot/min/380 Vc.a.
Alternator auxiliar	2 kVA/800...2100 rot/min/24 Vc.c.

6. *Stîlp*

Tip	rigid, grinzi cu zăbrele
Înălțime	20 m
Greutate proprie	4 500 kg
Greutatea echipamentului susținut	1 500 kg

7. *Reglaj-automatizare-comandă*

Reglaj cu servomotor electric a unghiului palelor
Reglaj hidraulic al raportului de multiplicare
Conectarea și deconectarea automată a GAS la SEN
Comandă de la pupitrul și panourile din camera de comandă

Cu toate acestea se poate aprecia că ansamblul instalației s-a comportat bine și a rezistat în condițiile grele ale climatului montan de iarnă. În prezent exploatarea experimentală a aerogeneratorului AM-20 continuă.

Ca exemplificare a unor rezultate obținute prezentăm caracteristica de funcționare a rotorului (fig. 7), bilanțul energetic al instalației (fig. 8) și o mostră de înregistrare din timpul funcționării cu debitare la sistem (fig. 9).

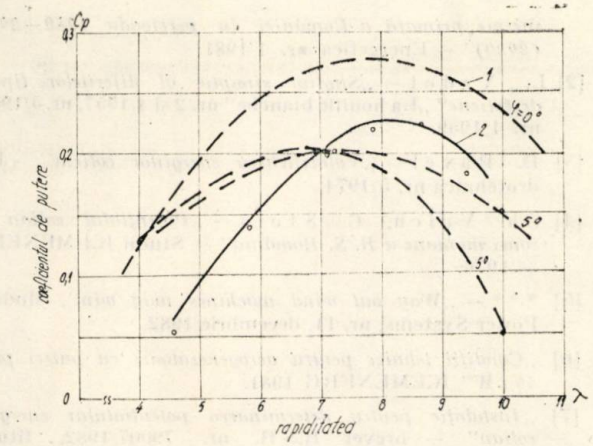


Fig. 7. Coeficientul de putere al rotorului aerogeneratorului AM-20 : 1 — determinat din calcul ; 2 — experimental.

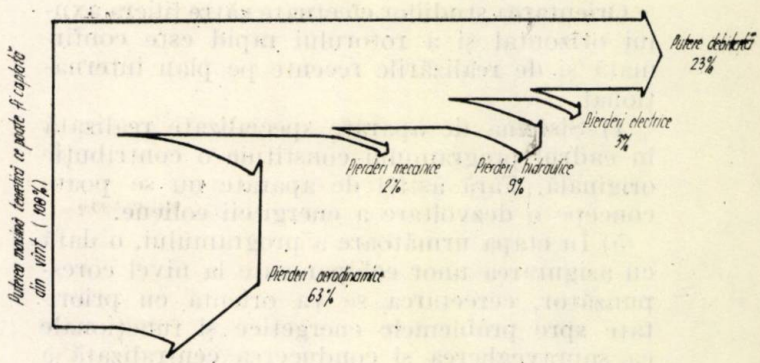


Fig. 8. Bilanțul puterilor la aerogeneratorul AM-20.

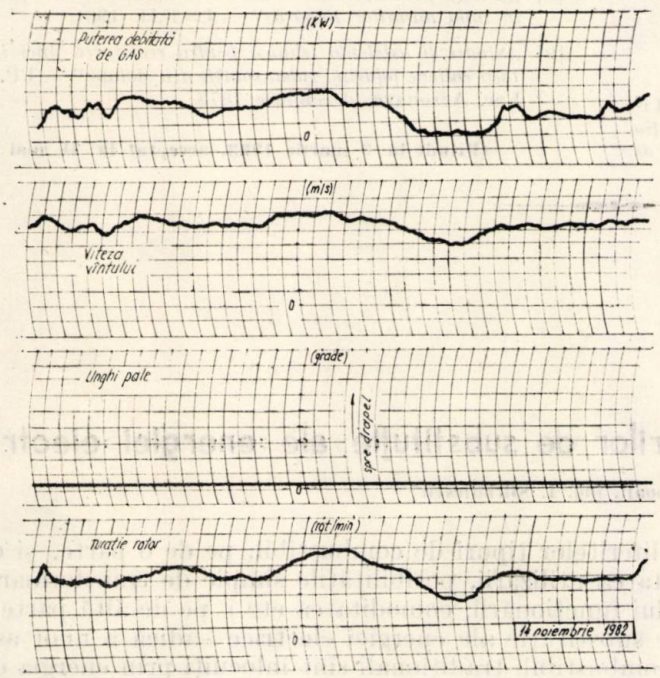


Fig. 9. Exemplificare de înregistrare a parametrilor la AM-20. Poziția de reglaj a cuplajului hidraulic este constantă.

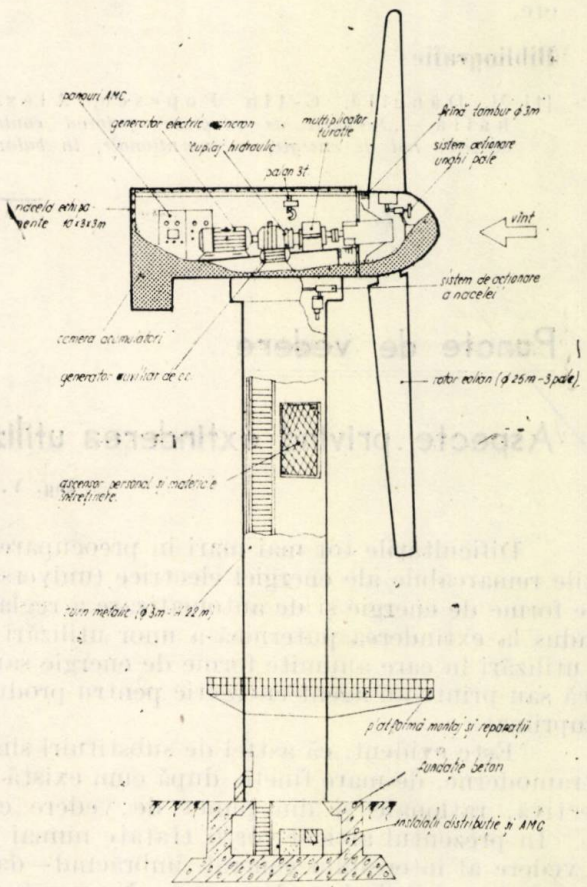


Fig. 10. Aerogeneratorul de 100 kW SAG-01 — schema de ansamblu.

Primele rezultate ale testărilor instalației eoliene AM-20 au confirmat corectitudinea concepției tehnologice adoptate.

Experiența și informațiile obținute au creat condițiile trecerii la realizarea aerogeneratorului SAG—01 din „generația a doua" de circa 100 kW (fig. 10). La acest aerogenerator apar elemente calitativ noi cum sînt :

— sistem activ de orientare în vînt ;

— sistem turație variabilă la rotor—frecvență electrică constantă prin adoptarea unei scheme de cascadă suprasincronă ;

— acționări hidraulice ;

— pale specializate.

7. Concluzii

1) Programul propus la demararea cercetărilor a conturat principalele orientări și opțiuni în acest domeniu nou al energeticii, tehnologia de conversie cercetată putînd sta la baza dezvoltăriilor viitoare.

2) Experimentarea aerogeneratorului AM-20 a furnizat pentru prima oară în țară date concrete asupra comportării în funcțiune a unei astfel de instalații echipate la nivelul exigențelor ce le impune cuplarea la S.E.N.

3) Experiența cîștigată a creat condițiile realizării unui aerogenerator cu puterea de 100 kW, ca un prim pas către trecerea la echipa-

mente de putere unitară care să atingă sau depășească megawatul.

Orientarea studiilor efectuate către filiera axului orizontal și a rotorului rapid este confirmată și de realizările recente pe plan internațional.

4) Sistema de aparate specializate realizată în cadrul programului constituie o contribuție originală. Fără astfel de aparate nu se poate concepe o dezvoltare a energitcii eoliene.

5) În etapa următoare a programului, o dată cu asigurarea unor echipamente la nivel corespunzător, cercetarea se va orienta cu prioritate spre problemele energetice și funcționale ca supravegherea și conducerea centralizată a mai multor aerogeneratoare grupate în centrale eolianoelectrice, optimizarea funcțională etc.

Bibliografie

[1] M. Dăncilă, C-tin Popescu, Alex. Mihăilă — *„Scenarii de prognoză privind contribuția surselor noi de energie, neconvenționale, în balanța de energie primară a României în perrioada 1980—2000 (2020)"* — Energetica nr. 1/1981.

[2] L. Vadot — *„Studiul sinoptic al diferitelor tipuri de eoliene"* „La houille blanche" nr. 2 și 4/1957, nr. 5/1958, nr. 1/1959.

[3] D. Pavel — *„Valorificarea energiilor eoliene"* — Hidrotehnica nr. 5/1974.

[4] Gh. Voicu, C. Stoia — *„Potențialul eolian al zonei montane a R. S. România"* — Studii ICEMENERG — 1976.

[5] * * * — *„Way out wind machines may win"*, Modern Power Systems, nr. 11, decembrie 1982.

[6] *„Condiții tehnice pentru aerogeneratoare cu puteri peste 50 kW"* ICEMENERG 1981.

[7] *„Instalație pentru determinarea potențialului energetic eolian"* — brevet R.S.R. nr. 79007/1982, titular ICEMENERG.

[8] *„Studiu de amplasare a unei centrale eoliene cu pompaj în zona munților Făgăraș"* — I.S.P.H. 1981.

[9] *„Studii și asistență tehnică pentru realizarea unei instalații eoliene folosind subansamble din aviație"* — I.P.B.— Fac. Aeronave, decembrie 1979.

(Primit la 9 martie 1983, acceptat la 16 mai 1983

Puncte de vedere

Aspecte privind extinderea utilizărilor de substituție ale energiei electrice

Ing. V. Nogali, ing. I. Știrbulescu*

Dificultățile tot mai mari în preocuparea diferitelor tipuri de combustibil, pe de o parte, și calitățile remarcabile ale energiei electrice (universalitatea utilizării, posibilitățile simple de transformare în alte forme de energie și de automatizare a reglajului funcționării, comoditatea etc.), pe de altă parte, au condus la extinderea puternică a unor utilizări de substituție ale energiei electrice—adică a unor astfel de utilizări în care anumite forme de energie sau combustibili tradiționali sînt înlocuiți prin energia electrică sau printr-un agent energetic pentru producerea căruia se consumă energie electrică (exemplu aerul comprimat).

Este evident, că astfel de substituiri sînt în multe situații impuse de anumite procese tehnologice ultramoderne, de mare finețe, după cum există și cazuri cînd ele sînt sau pot deveni, imediat sau în perspectivă, raționale și din punct de vedere energetic.

În prezentul articol vor fi tratate numai cazurile în care substituirile sînt nerafionale din punctul de vedere al interesului general, îmbrăcînd—datorită unor deficiențe de concepție, execuție sau exploatare—haina risipei clare de energie. Nu vor fi tratate aspecte de detaliu specifice fiecărei tehnologii, ci vor fi analizate aspectele de principiu, cu caracter general, a căror rezolvare necorespunzătoare proliferează neîncetat risipă de energie.

Menționăm, că printre utilizările de substituție ale energiei electrice cea mai mare pondere o au utilizările electrotermice, adică acelea în care căldura obținută prin arderea combustibililor este înlocuită prin cea obținută din energia electrică prin intermediul unor receptoare cu rezistențe, cu inducție sau prin arc. Astfel de utilizări se întîlnesc în aproape toate sectoarele de activitate, o importanță deosebită prezentînd-o cele din siderurgie și metalurgie privind topirea și tratamentul termic al metalelor.

Principalele aspecte deficitare sînt următoarele :

I. În imensa majoritate a cazurilor alegerea soluției energetice nu se face în urma efectuării de calcule tehnico-economice comparative, ci este impusă de tehnologii pentru care criteriile energetice sînt străine sau cunoscute eronat; chiar în cazurile în care calculele tehnico economice comparative există

* Ing. V. Nogali este Director adj. al I.D.E. București, iar ing. I. Știrbulescu este șef birou F.E.E. la aceeași întreprindere.

ele sînt de regulă incorect întocmite sau înlocuite prin simple referiri eronate, care conduc la concluzii contrare realităţii, cu rolul de a justifica formal soluţia adoptată.

Cele mai frecvente erori care se fac constau în faptul că toate calculele se referă strict la obiectivul considerat, neglijîndu-se total ceea ce se întîmplă la nivelul economiei naţionale, atît ca investiţii în sistemul energetic naţional, cît şi ca randamente globale (pentru receptoarele electrotermice de pildă, se introduc în calcule randamentele aparatelor propriu-zise în locul randamentelor globale, care sînt de aproximativ trei ori mai reduse).

În mentalitatea celor mulţi care procedează în acest mod, stăruie premiza greşită conform căreia în timp ce hidrocarburile sînt deficitare şi din import, energia electrică este îndestulătoare şi indigenă : se ignoră în acest fel realitatea în ceea ce priveşte energia electrică atît ca pondere efectivă a hidrocarburilor în producerea ei, cît şi ca randamente globale ale transformărilor succesive, incomparabil mai scăzute decît cele ale receptoarelor electrice propriu-zise ; pentru aceste motive, pentru o serie de procese tehnologice adoptate nu numai că la nivelul economiei naţionale sînt necesare mai multe kilocalorii decît în cazul tehnologiilor respinse, dar în mod frecvent apare chiar situaţia paradoxală în care dorinţa reducerii consumurilor de hidrocarburi, tradusă în înlocuirea acestora prin energia electrică, conduce de fapt, la scara economiei naţionale, la creşterea acestor consumuri, tocmai ca efect al jocului randamentelor şi al ponderii diferiţilor combustibili în producţia de energie electrică. În acest fel, economia naţională este nevoită să pună la dispoziţia centrelelor electrice ale sistemului energetic, cantităţi de hidrocarburi superioare celor pe care anumite sectoare de activitate le înlocuiesc prin energia electrică ; amploarea, deloc neglijabilă, a fenomenului scapă oricărui control, considerîndu-se că este vorba despre creşteri normale ale necesarului de energie electrică şi că este normal ca ele să implice cantităţi sporite de combustibili pentru centralele electrice.

II. Un alt aspect deficitar asupra căruia trebuie insistat şi care cu siguranţă a contribuit şi contribuie la minimalizarea importanţei calculelor tehnico-economice comparative, pe care le face chiar inutile, este cel legat de metodologia avizării soluţiilor energetice, atît pentru industriile noi, cît şi pentru extinderea sau modernizarea celor existente.

Într-adevăr, de regulă organele de avizare ale MAGF se opun categoric soluţiilor care comportă utilizarea petrolului sau a gazelor naturale, astfel încît, se recurge la energie electrică (aşa cum s-a procedat în cazul gătitului electric, al utilizăriior electrotermice din siderurgie, metalurgie sau din unităţile comerciale—pentru a ne limita numai la aceste exemple). Într-o astfel de situaţie ce pot face organele de avizare ale M.E.E. ? Refuzul alimentării cu energie electrică, în urma veto-ului organelor de avizare ale MAGF, ar fi sinonim cu frînarea dezvoltării industriale şi aceasta chiar în situaţia unor dezvoltări vitale pentru economia naţională. În acest fel s-a ajuns la situaţia în care toate avizele energetice care se dau potrivit prevederilor art. 25 al RFUEE, se referă numai la posibilităţile de alimentare cu energie electrică, omiţîndu-se în totalitate aspectul energetic propriu-zis.

III. De la aceste aspecte—folosirea necondiţionată a energiei electrice—pînă la ceea ce se întîmplă în realitate nu este decît un singur pas : apar, şi se extinde rapid utilizarea lor, receptoare electrice şi procese de fabricaţie insuficient analizate din punct de vedere energetic, unele adevărate improvizaţii, iniţiative de economisire generatoare de risipă, procese tehnologice nu numai greşit concepute, dar chiar prost conduse, cu repercusiuni energetice negative. Nu în rare cazuri, însăşi „modernizările" anumitor operaţii sau tehnologii sînt, din punct de vedere energetic, adevărate involuţii.

Acest mod simplist de a pune problema, bazat pe aparenţe imediate, avînd drept consecinţă folosirea oricum a energiei electrice, transformă în neraţionale, din punctul de vedere al interesului general, chiar soluţii care-şi aveau, din punctul de vedere al concepţiei, o justificare tehnologică şi le face cu atît mai neraţionale şi pe cele cărora le-a lipsit şi această justificare tehnologică : a topi fontă cu un consum specific de energie electrică de ordinul a 1500 kWh/tonă este o realitate nu singulară, care nu lasă loc nici unei justificări tehnologice.

Încercările IDEB de a aplica cu stricteţe prevederile RFUEE sub aspectul avizării soluţiilor energetice, cu toate că au condus la unele ameliorări în sensul reducerii unor consumuri specifice de energie electrică prin impunerea unor măsuri tehnice şi organizatorice, s-au soldat cu un eşec, datorită următoarelor motive :

—Din documentaţiile depuse conform prevederilor RFUEE în vederea obţinerii avizului energetic, a rezultat clar că nu numai consumatorilor, dar chiar institutelor republicane de cercetare şi proiectare unele de prestigiu cum este ICSITPSC, le este străină metodologia ISPE de întocmaire a calculelor tehnico-economice comparative ; din această cauză concluziile studiilor respective au fost fundamental viciate de erorile comise, îndotdeauna aceste greşeli fiind de acelaşi sens, conducînd invariabil la oportunitatea utilizării energiei electrice, chiar în cazurile în care utilizarea altor combustibili este mai indicată.

—În urma observaţiilor I.D E.B., calculele au fost refăcute, dar nici în această situaţie nu avem garanţia corectitudinii lor, deoarece ele conţin unele date pe care nu avem posibilitatea să le verificăm şi care rămîn în continuare neclare : argumentele tehnologice le-am putut numai uneori şi numai în parte combate recurgînd la comparaţii, precum şi la unele date din literatura de specialitate la care am putut avea acces şi din prospectele altor firme care realizau produse mai mult sau mai puţin similare. Trebuie

semnalat faptul că de cele mai multe ori energeticii consumatorilor s-au dovedit a fi mai mult sau mai puţin străini de aspectele tehnologice în discuţie pentru a putea furniza elementele necesare pentru a putea hotărî în cunoştinţă de cauză.

Deoarece pentru mulţi tehnologi în special, concluziile prezentului material ar putea părea anacronice, în dezacord cu tendinţa mondială, sînt necesare următoarele două precizări:

— Nu se poate vorbi cu competenţă despre extinderea utilizărilor de substituţie ale energiei electrice fără a ţine seama de modul în care va fi produsă energia electrică în diferitele etape următoare. Balanţa se va înclina cu timpul în favoarea utilizărilor de substituţie ale energiei electrice, dar de aici pînă la acceptarea unei astfel de soluţii într-o instalaţie care va fi scoasă din uz înainte ca funcţionarea ei să devină rațională este o mare distanţă.

— Atît în cazul general, dar mai ales în cazul special al energiei electrice—pentru o serie de motive care sînt, cel puţin în linii mari, cunoscute şi asupra cărora nu este cazul să se insiste—se impune ca pentru fiecare gen de utilizare să se indice în mod clar ce trebuie şi ce nu trebuie făcut pentru încadrarea consumurilor specifice de energie electrică în limite raţionale, cu precizarea concretă a limitelor respective şi a măsurilor de luat în acest scop.

Aspectele generale analizate pe scurt conduc la necesitatea luării unor poziţii hotărîte împotriva acelor utilizări de substituţie ale energiei electrice, care nu sînt strict justificate din punctul de vedere al interesului general, ci se extind datorită modei, comodităţii sau unor interese locale în dezacord cu interesul general.

În vederea frînării acelor utilizări de substituţie, neraţionale, ale energiei electrice se propun următoarele:

a) adoptatea de către ISPE la instalaţiile electrice de utilizare a metodologiei sale de întocmire a calculelor tehnico-economice comparative pentru alegerea soluţiei energetice şi difuzarea acestei metodologii, cu aplicabilitate obligatorie, la toate institutele de proiectare din ţară;

b) instruirea obligatorie, prin CPL al M.E.E. cu instructori specialişti în problemele respective din cadrul ICEMENERG şi ISPE, a unor proiectanţi din diferite institute de proiectare din ţară asupra modului de întocmire a calculelor de eficienţă, potrivit metodologiei menţionate la punctul a;

c) confirmarea pe fiecare proiect, că soluţia energetică a fost aleasă conform metodologiei ISPE de către proiectanţi care să răspundă de aspectul respectiv (aşa cum se procedează cu aspectele NPI şi ale PCI);

d) indicarea obligatorie în proiecte a principalelor măsuri de luat pentru menţinerea consumurilor energetice în limite raţionale, cu indicarea concretă a diferitelor limite maxime în care trebuie să se înscrie valorile consumurilor specifice de energie electrică, în diferitele ipoteze de folosire raţională a instalaţiei sau instalaţiilor în discuţie;

e) crearea unui organ republican unic de avizare a soluţiilor energetice, care să nu se limiteze la interzicerea anumitor combustibili, forme de energie sau soluţii energetice, ci să precizeze în mod concret care este soluţia energetică ce trebuie adoptată, avînd dreptul, pentru a hotărî în totală cunoştinţă de cauză, de a impune luarea în discuţie şi a altor soluţii în afara celor propuse de proiectanţi şi de a consulta, ori de cîte ori va considera că este necesar, specialişti tehnologi şi energeticieni din economia naţională.

Invenţii — Inovaţii

Suport modul pentru pozarea cablurilor în staţiile electrice de transformare

54) **Suport modul pentru pozarea cablurilor în staţiile electrice de transformare**

(72) Inventator: Ing. Anton Gârbacea — Timişoara, ing. Dumitru Gavrilă—Bucureşti

(22) Data înregistrării: 13.12.1976

(45) Data publicării: 15.01.1980

(51) Int. Cl²: H 02 G 3/26

(11) Descrierea invenţiei 69056

(73) Titular: Grupul de şantiere Electromontaj, Banat, Timişoara.

Prezenta invenţie se referă la un suport modul pentru pozarea cablurilor electrice în canale, pentru staţiile electrice de transformare sau în tuneluri, avînd o formă simplă monobl realizată din material plastic.

Sînt cunoscute suporturi constituite din console sau duri, care folosesc, pentru construcţia lor, materiale oţel sub formă de tablă, profiluri, oţel lat şi rotund şi alt formate dintr-o consolă, sau ansamblu montat şi cons asamblarea făcîndu-se prin sudură, prin şuruburi sau sisteme, confecţionate tot din oţel.

Sistemele cunoscute prezintă dezavantajul că necesită materiale din oţel, manoperă mare de confecţionare, cît şi manoperă mare plus productivitate scăzută în procesul de montaj propriu-zis. Totodată, transmiterea eforturilor din consolă are ca urmare o dimensionare mare a montantului, ceea ce duce la un consum sporit de metal. În plus, suporturile necesită protecţie anticorosivă prin vopsire la montaj şi periodic în exploatare.

Suportul modul, conform invenţiei, înlătură dezavantajele menţionate, prin aceea că este format dintr-un singur corp, realizat din plastdurom prin injecţie sau turnare, avînd o parte de fixare de formă paralelipipedică, o consolă propriu-zisă, care are practicate locaşuri semicirculare pe suprafaţa superioară pentru aşezarea cablurilor şi o degajare

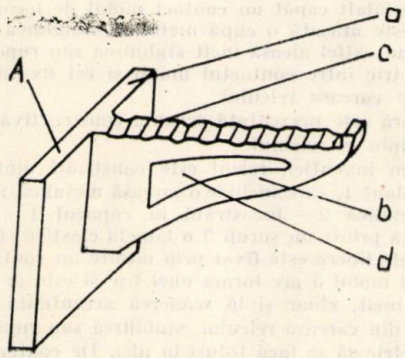


Fig. 1

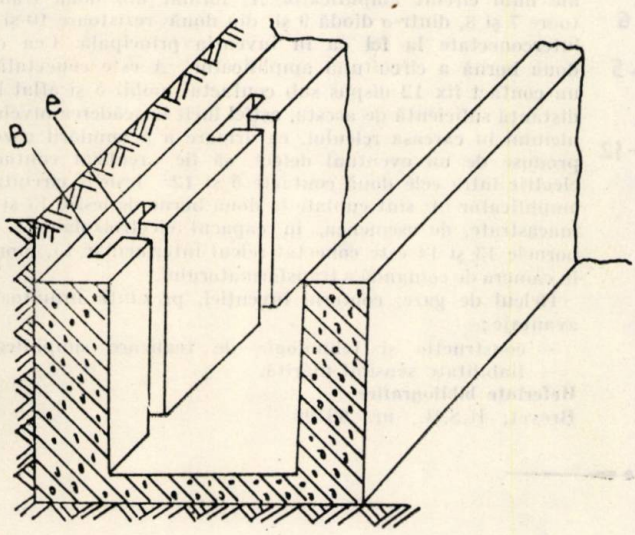


Fig. 2

realizată în scopul reducerii greutăţii şi uşurării montării; acest unic corp este montat în decupări avînd profilul în formă de T, practicate în peretele canalului prefabricat, prin introducerea părţii de fixare a suportului în decupare şi coborîre de-a lungul acesteia.

În figurile 1—3 este reprezentat un exemplu de realizare a invenţiei şi anume: — figura 1, vedere în perspectivă a suportului modul pentru pozarea cablurilor în staţiile electrice;

— figura 2, secţiune în peretele canalului sau tunelului de cabluri din beton;

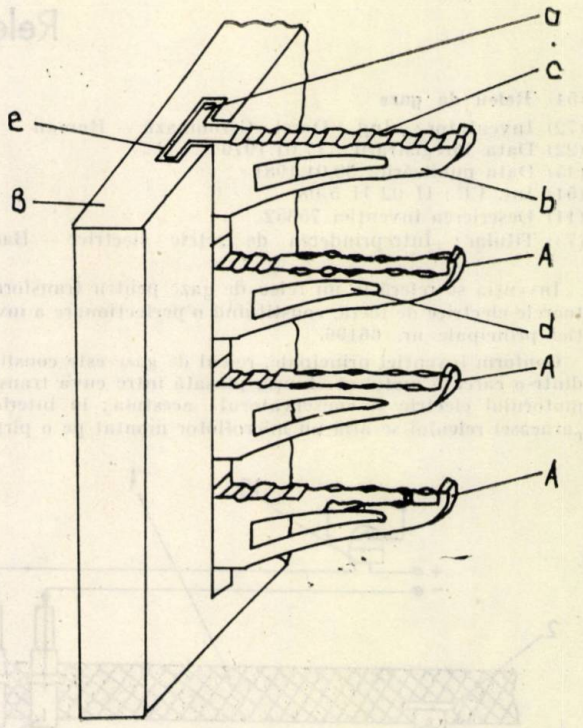


Fig. 3

— figura 3, suport pentru pozarea cablurilor în staţiile de transformare electrice construit din 4 module suport confecţionate din plastdurom.

După cum se vede în figura 1, un suport modul **A**, pentru pozarea cablurilor, constă dintr-o singură piesă monobloc, confecţionată din plastdurom, formată dintr-o parte de fixare **a** de formă paralelipipedică, o consolă propriu-zisă **b** ce are practicate locaşuri semicirculare **c** pe suprafaţa superioară pentru aşezarea cablurilor, dacă este cazul, şi este prevăzută cu o degajare **d** pentru reducerea greutăţii şi uşurinţa montării. Suportul modul **A** se introduce cu partea de fixare **a** într-o decupare **e**, avînd profilul în formă de **T** şi se montează prin coborire de-a lungul acestei decupări **e** practicate în peretele **b** al canalului prefabricat **B** (fig. 2). În scopul pozării cablurilor se poate efectua un montaj de mai multe suporturi modul **A**, realizat conform figurii 3, în care este prezentat montajul a patru asemenea suporturi modul confecţionate din plastdurom, montate unul deasupra celuilalt.

Conform invenţiei, suportul modul prezintă următoarele avantaje:

— se realizează printr-o singură operaţie de injecţie;

— înlătură complet consumul de metal;

— necesită o manoperă de montaj scăzută;

— nu necesită elemente de asamblare, suportul fiind realizat monobloc şi montat la o singură mînuire;

— asigură o rezistenţă mecanică corespunzătoare pentru sarcina la care este solicitat;

— are un cost redus.

Referinţe bibliografice

Brevet, R.S.R., nr. 57373

Brevet, Franţa, nr. 1322281

Releu de gaze

(54) **Releu de gaze**
(72) Inventator: Ing. Dorel Cernomazu — Roman
(22) Data înregistrării: 17.01.1979
(45) Data publicării: 30.01.1981
(51) Int. Cl²: H 02 H 5/08
(11) Descrierea invenției 75652
(73) Titular: Întreprinderea de rețele electrice — Bacău

Invenția se referă la un releu de gaze pentru transformatoarele electrice de forță, constituind o perfecționare a invenției principale nr. 66196.

Conform invenției principale, releul de gaze este constituit dintr-o carcasă metalică etanșă, plasată între cuva transformatorului electric și conservatorul acestuia; în interiorul carcasei releului se află un microflotor montat pe o pîrghie articulată la una din extremități. Extremitatea liberă a pîrghiei poartă un contact mobil, care la atingerea contactului fix comandă — prin intermediul unui amplificator tranzistorizat — un releu intermediar, montat în camera de comandă. Construcția acestui releu prezintă dezavantajul că necesită unele operații tehnogice relativ pretențioase iar fiabilitatea sa este relativ scăzută.

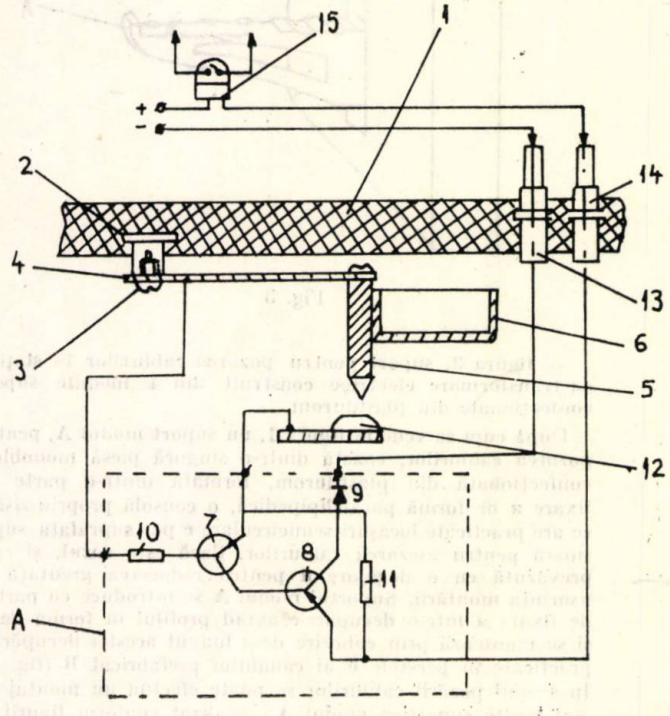


Fig. 1

Releul de gaze, conform prezentei invenții, înlătură dezavantajele sus-menționate prin aceea că, în scopul creșterii sensibilității și a fiabilității sale, are echipajul mobil constituit dintr-o lamelă elastică încastrată la un capăt și avînd fixat la celălalt capăt un contact mobil de forma unei tije de care este atașată o cupă metalică, lungimea contactului mobil fiind astfel aleasă încît stabilirea sau ruperea contactului electric între contactul mobil și cel fix să se facă în uleiul din carcasa releului.

În figură este prezentată schema constructivă și electrică de principiu a releului.

Conform invenției, releul este constituit dintr-un capac electroizolant 1, care închide o carcasă metalică, nefigurată, o piesă metalică 2 — încastrată în capacul 1 — și de care este fixată printr-un șurub 3 o lamelă elastică 4, la a cărei extremitate liberă este fixat prin nituire un contact mobil 5. Contactul mobil 5 are forma unei tije și este de o astfel de lungime încît, chiar și la scăderea accentuată a nivelului uleiului din carcasa releului, stabilirea sau ruperea contactului electric să se facă totuși în ulei. De contactul mobil 5 este atașată, prin lipitură moale, o cupă metalică 6, realizată prin ambutisare. Contactul mobil 5, prin intermediul lamei elastice 4, este conectat la una din bornele de intrare ale unui circuit amplificator *A*, format din două tranzistoare 7 și 8, dintr-o diodă 9 și din două rezistoare 10 și 11, interconectate la fel ca în invenția principală. Cea de-a doua bornă a circuitului amplificator *A* este conectată la un contact fix 12 dispus sub contactul mobil 5 și aflat la o distanță suficientă de acesta, astfel încît la scăderea nivelului uleiului în carcasa releului, ca urmare a acumulării gazelor produse de un eventual defect, să fie realizat contactul electric între cele două contacte 5 și 12. Ieșirile circuitului amplificator *A* sînt cuplate la două borne de ieșire 13 și 14, înacastrate, de asemenea, în capacul electroizolant 1. La bornele 13 și 14 este conectat releul intermediar 15, montat în camera de comandă a transformatorului.

Releul de gaze, conform invenției, prezintă următoarele avantaje;

— construcție și tehnologie de realizare simplificate;
— fiabilitate sensibil mărită.

Referințe bibliografice

Brevet, R.S.R., nr. 66196

Noutăți tehnico-științifice

Amestec de cărbune și apă încercat cu succes în pat fluidizat sub presiune

Un amestec de circa o tonă din care 65% cărbune de calitate foarte bună și 35% apă a fost ars pentru prima dată în pat fluidizat sub presiune, în cadrul unui test de 20 de ore, într-un Laborator de Cercetare a Utilizării Cărbunelui (CURL) la Leatherhead (Anglia). Experiențele au fost efectuate de Departamentul Energiei din S.U.A.

Cele mai multe cercetări recente au fost îndreptate spre folosirea unui combustibil hibrid în cazanele convenționale, proiectate să ardă păcură sau gaz natural. Patul fluidizat sub presiune este un sistem mai avansat, cu randament mai ridicat și performanțe îmbunătățite în privința evitării poluării mediului înconjurător.

În timpul experimentului s-au pompat 42 kg/h amestec cărbune /apă. Au fost îndeplinite cele două condiții principale — temperaturi constante în patul fluidizat și randament ridicat de ardere —, ceea ce semnifică faptul că acest combustibil este compatibil cu conceptul de pat fluidizat sub presiune. Prezența apei nu afectează randamentul de ardere de 99%, tipic pentru arderea în pat fluidizat sub presiune. Distribuția combustibilului în patul fluidizat a fost cel puțin la fel de bună — dacă nu chiar mai bună — decît la cărbunele concasat; alimentarea cu combustibil se face ușor, ceea ce indică faptul că apa, în amestec cu cărbunele, nu provoacă greutăți.

Amestecare, cărbunelui cu apă poate simplifica manipularea și alimentarea cu combustibil și poate micșora investițiile și cheltuielile de exploatare în comparație cu arderea căr-

bunelui concasat uscat. De asemenea, amestecul cărbune-apă este mai ieftin dacă se prepară într-o instalație centrală și se livrează sub formă de noroi către instalațiile cu pat fluidizat sub presiune. Aceasta ar evita necesitatea concasării cărbunelui și deci a echipamentului aferent, (Extras din revista „Modern Power Systems", vol. 2, nr. 7, aug. 1982)

Ing. Anton Roșu

Creșterea interesului față de metacărbune și amestecul de cărbune și păcură

În Japonia este în extindere folosirea amestecului cărbune-păcură (COM) și cărbune-metanol (metacărbune) ca mijloc de reducere a consumului de combustibil superior. Atît COM, cît și metacărbunele sînt lichide; ele pot fi deci vehiculate cu pompe și depozitate în rezervoare.

Firma Mitsui a studiat metacărbunele pentru prima dată în 1979. El are o cifră octanică mult mai mare decît benzina și poate fi folosit pentru produse petrochimice și producerea de energie electrică. Compania consideră că acest amestec va fi mai ușor de manipulat decît cărbunele. Un furnizor de metacărbune pentru Japonia este Canada. Singura problemă a specialiștilor canadieni este costul proiectului (o instalație pilot comercială care produce 1,4 milioane tone de metacărbune) care ar fi de 1,5 miliarde dolari canadieni.

Un alt furnizor de COM este Indonezia. Se speră să se ridice inportul în Japonia de la 80 000 t/an la 2 milioane t/an în 1984, cînd va fi pusă în funcțiune o instalație japoneză de producere a COM la Iwaki. Această instalație va produce inițial 2,5 milioane t/an și apoi 5 milioane t/an, cantitate suficientă să alimenteze 3000 MWe. (Extras din revista „Modern Power Systems", vol. 2, nr. 7, aug. 1982)

A.R.

Procesul Petrosix pentru extragerea petrolului din șisturile bituminoase

Procesul Petrosix (Brazilia) pentru extragerea petrolului din șisturi este luat în considerare pentru folosirea șisturilor bituminoase din S.U.A. Acest proces a fost dezvoltat de către Petrobras (Compania națională petrolieră din Brazilia de-a lungul unei perioade de 25 ani și a costat peste 500 milioane dolari. Acest program a condus la construcția în anul 1972 a unei instalații experimentale de 2000 t/zi la San Mateus do Sul. Această instalație transformă șistul bituminos în 800 barili/zi de produs lichid, care se vinde pe piața locală drept combustibil. Instalația a funcționat peste 45 000 ore. Utilizarea la scară industrială va conduce la o producție de 50 000 barili/zi.
(Extras din revista „Modern Power Systems", vol. 2, nr. 7, aug. 1982)

A.R.

ncepe proiectarea instalațiilor de biomasă

Comisia Comunității Europene a selectat patru proiecte pentru dezvoltarea tehnologiei conversiei lemnului și a altor resurse biomasice în gaz de sinteză, adecvat pentru producerea metanolului. Proiectarea a fost deja începută și instalația se va realiza în aprilie 1984.

Capacitatea celor patru instalații va fi în gama de la 12 la 120 t lemn pe zi; ele vor produce pînă la 170 000 Nm^3/zi gaz de sinteză pentru aproximativ 50 t metanol. Costul total al proiectului este de aproximativ 8 milioane dolari.

Cele patru instalații pilot sînt:

— instalația de producere a oxigenului, cuprinzînd un dublu pat fluidizat pentru gazeificare cu oxigen legat chimic, produs separat din aer și un solid pentru reacție. Constructorul este John Brown Ltd, Londra și Wellman Mechanical Engineering Ltd, West Midlands, Anglia;

— reactorul cu pat fluidizat pentru gazeificare cu oxigen. Constructor: Creuzot-Loire, Paris, Société Elf-Aquitaine, Compagnie Française de Petrole;

— gazogenul cu pat fluidizat în două trepte, folosind abur în prima treaptă și oxigen în a doua, cu un combustor în pat fluidizat luînd căldura din prima treaptă. Constructor: Consorzis Biomassa Maremma, care include Aerimpianti Milan, Agip Nucleare și Cesen, Genova;

— reactorul cu pat fluidizat într-o singură treaptă (reactor cu pat fluidizat circulant). Constructor: Lurgi Kohle Mineralöltechnik GmbH, Frankfurt pe Main, R.F.G.
(Extras din revista „Modern Power Systems", vol. 2, nr. 7, aug. 1982).

A.R.

Instalații de ardere cu pat fluidizat

În ultima perioadă s-a pus în funcțiune în R.F.G. o serie de instalații de ardere cu pat fluidizat. S-a dovedit că aceste instalații au depășit stadiul de încercare și au început să concureze alte sisteme de ardere.

La uzina din Lünen a firmei Vereignigten Aluminium Werke AG(VAW) Bonn, s-a pus în funcțiune prima mare instalație de ardere a cărbunelui într-un pat fluidizat circulant. Firma Lurgi Chemie und Hüttentechnik GmbH din Frankfurt pe Main a dezvoltat acest procedeu nou de ardere și a construit instalația. Aceasta are 84 MW și oferă fabricii de oxid de aluminiu energie termică și abur de înaltă presiune pentru producerea energiei electrice. Centrala termoelectrică constă în principal din intalația de preparare a cărbunelui de ardere în pat fluidizat, o instalație de cazan pentru producerea aburului și un schimbător de căldură în pat fluidizat pentru încălzirea unei topituri de sare (aceasta servește ca purtător de căldură de înaltă temperatură într-o treaptă a procesului producerii oxidului de aluminiu).

Drept combustibil se folosește un cărbune rezidual cu pînă la 65% balast și 2% sulf. Pînă acum topitura de sare trebuia încălzită într-un focar separat în care se arde păcură sau gaz. Cazanul uzinei era dotat cu grătar pe care se putea arde numai cărbune de mărimea unei nuci.

Noua instalație a permis scăderea costului energiei. Cărbunele arde în proporție de 99%. Emisiunea de substanțe nocive este foarte redusă. Formarea oxidului de azot în gazele de ardere este evitată prin temperatura de ardere scăzută, de 850°C, și prin modul în care se conduce arderea în două trepte, caracteristică patului fluidizat. Pentru evitarea emisiunii de bioxid de sulf se insuflă în focarul cu pat fluidizat piatră de var cu granulație fină. S-a ajuns la un grad de desulfurare de pînă la 90%.

Firmele Arbeitsgemeinschaft Deutsche Babcock Oberhausen și Lurgi Chemie — und Hüttentechnik Frankfurt/Main și-au propus să construiască pentru centrala electrică de termoficare din Duisburg, cazanul cu focarul și instalațiile anexă. Noua instalație are o putere electrică de 95,8 MW și poate da o sarcină termică de maximum 138 MW pentru transportul la distanță al căldurii (se alimentează cu căldură circa 18 000 locuințe). Folosirea tehnologiei arderii în pat fluidizat are, în această centrală electrică de termoficare, un caracter de model.

Echipamentul tehnic constă, în principal, din: instalații de măcinare și dozare a cărbunelui și calcarului, focar cu pat fluidizat cuplat cu ciclon, cazan, electrofiltru etc.

La focarul cu pat fluidizat în circulație arderea are loc la circa 850°C. Patul fluidizat — un amestec de material solid și gaze de ardere — circulă cu o viteză de 3—6 m/s în camera de ardere fluidizată de jos în sus. În ciclon se separă materialul solid din gazele de ardere. Cantitățile de material solid fierbinte sînt trimise o parte în focar și cealaltă parte în niște răcitoare. După o nouă curățire a gazelor de ardere într-un ciclon secundar, acestea trec în suprafețele de schimb de căldură. La electrofiltru, praful se separă la o temperatură a gazelor de ardere de circa 300°C.

Firma Standardkessel Duisburg a construit împreună cu Thyssen Engineering, Essen, un cazan cu ardere în pat fluidizat cu o sarcină de 22 t/h. Instalația este folosită într-o fabrică de hîrtie. Pentru ardere se folosesc resturi de hîrtie, șlamuri, lemn și deșeuri de coji. Aburul se livrează la 65 bar și 470°C. Focarul cu pat fluidizat atmosferic este integrat în cazan. Cazanul este cu circulație naturală. Supraîncălzitorul este amplasat în primul drum al gazelor de ardere, iar economizorul în cel de-al doilea drum

Firma franceză Standard Fasel S.A. poate construi, de asemenea, o instalație de cazan cu ardere în pat fluidizat.

Sarcina termică este de 8 MW. Se poate arde cărbune de calitate medie cu conținutul de sulf sub 3%. O instalație alcătuită dintr-un cazan cu țeavă de fum cu pat fluidizat se montează la Le Mans.
(Extras din revista BWK, 35, nr. 3, martie 1983).

A.R.

Recuperarea căldurii din gazele de ardere

În contextul actual al politicii creșterii prețului energiei în Danemarca se pune accent pe ridicarea randamentului cazanelor. Recuperarea unei părți din căldura reziduală a gazelor de ardere este una din soluțiile posibile.

La centrala termică din orașul Odense, gazele de ardere se elimină la aproximativ 200°C. Sub această temperatură apar cruste și coroziuni datorită compușilor de sulf din gazele de ardere. Pentru evitarea coroziunii a fost necesară construirea unui schimbător de căldură din materiale puternic aliate, scumpe.

O firmă daneză a propus recuperarea căldurii din gazele de ardere ale centralei termice menționate, cu ajutorul unui schimbător de căldură ieftin din oțel obișnuit H II la care coroziunea are loc pe suprafață (spre deosebire de materialele puternic aliate la care coroziunea are loc în puncte). La o durată de funcționare medie investiția cu acest schimbător de căldură se amortizează în 1,5 ani.

Cercetările preliminare au dovedit că viteza maximă de coroziune a fost de 0,5 mm/an la o durată de funcționare a cazanului de 8 000 ore. Suprafețele de schimb de căldură au un adaos de material de 3 mm, care face ca durata de viață a primei treimi a schimbătorului să fie de 10—12 ani cînd acesta funcționează 4 000 ore/an.

Schimbătorul de căldură este de tip special, cu plăci construite din două sau trei table (de exemplu din oțel inoxidabil) unite prin sudură realizată în rînduri de puncte. Aceste plăci creează o cameră intermediară în care pot curge medii lichide sau gazoase, care preiau căldura. Coeficienții de căldură au valori ridicate, iar căderea de presiune valori scăzute.

Temperatura gazelor de ardere variază de la 200°C, la ieșirea din cazan, pînă la 90°C, la ieșirea din schimbătorul de căldură suplimentar, ceea ce face ca modulele schimbătorului, amplasate unul după atul, să fie corodate cu o intensitate diferită. Avantajul față de schimbătoarele de căldură cunoscute constă în faptul că din cele trei module se schimbă întotdeauna numai modulul cel mai puternic corodat. Un modul se poate înlocui ușor datorită montării lui pe role. Această construcție permite și efectuarea fără dificultăți a controlului.

Referitor la investiții și cheltuielile de întreținere se susține că acest schimbător de căldură prezintă avantaje evidente față de cel clasic.

Centrala termică de la Odense are cazanul alimentat cu păcură, evacuînd 23 254 Nm^3/h gaze de ardere la o temperatură de 230°C. Conținutul de sulf al păcurii este de 2,5%. La sarcina nominală a cazanului schimbătorul de căldură permite răcirea gazelor de ardere de la 230°C la 90°C, căldura recuperată fiind folosită la ridicarea temperaturii apei returnate, înainte de a intra în cazan. Temperatura acesteia este de 40—45°C și se ridică la 60°C prin amestec cu apă fierbinte pentru evitarea coroziunii. Temperatura finală este de 75°C.

Datele schimbătorului de căldură, la două sarcini ale cazanului sînt:

	Sarcina	
	100%	75%
Sarcina termică (MW)	1,29	0,73
Debitul de apă (t/h)	74 000	74 000
Temperatura apei la intrare (°C)	60	60
Temperatura apei la ieșire (°C)	75	68,5
Temperatura gazelor la intrare (°C)	230	195
Temperatura gazelor la ieșire (°C)	89	89
Căderea de presiune pe partea de apă (bar)	0,3	0,3
Căderea de presiune pe partea de gaze (bar)	0,01	
Căderea de presiune pe partea de aer (bar)		0,008

Dimensiunile unui modul sînt: înălțime 2 500 mm, lățime 950 mm, adîncime 1 250 mm. Numărul de registre este de 3, iar pe fiecare sînt montate 25 compartimente (Thermo-Bleche). Grosimea compartimentelor (Thermo-Bleche) este de 4 mm, iar distanța dintre ele de 22 mm.

Investiția făcută a fost de 260 000 mărci (inclusiv montajul și auxiliarele), iar economia anuală obținută a fost de 128 000 mărci (la o sarcină medie a cazanului de 75% și durata anuală de funcționare de 4 000 ore). Amortizarea se obține în circa 2 ani.

Curățirea instalației se poate face cu:

— apă (cu pH = 10, temperatura 50°C și presiune 4 bar); crustele spălate cad într-un rezervor unde neutralizarea se face prin adaos de $CaCO_3$;

— perii;

— ultrasunete (frecvență 20—50 Hz).

Schimbătorul de căldură s-a calculat pentru un interval de curățire de 6—8 luni.
(Extras din revista BWK, 35, nr. 3, mart. 1983).

A.R.

Cronică

A V-a CONSFĂTUIRE A ENERGETICIENILOR DIN JUDEȚELE SUCEAVA ȘI BOTOȘANI

În ziua de 19 mai 1983, s-au desfășurat la Suceava lucrările celei de a V-a consfătuiri a energeticienilor din județele Suceava și Botoșani cu tema „Valorificarea surselor energetice locale și utilizarea rațională a energiei". Organizată sub egida Consiliului județean de control muncitoresc al activității economice și sociale Suceava, cu sprijinul altor factori de la nivelul județului Suceava și al IRE Suceava, această manifestare, cu un pronunțat caracter de lucru, se desfășoară bienal începînd din anul 1975.

La lucrările consfătuirii au luat parte reprezentanți ai organelor locale de partid și de stat, ai Consiliului Central al UGSR, ai Centralei industriale de rețele electrice București și Consiliului județean al sindicatelor Suceava, cercetători și proiectanți din domeniul concepției și producției de microhidroagregate de la Centrul de cercetare științifică și inginerie tehnologică pentru echipamente hidroenergetice Reșița și Întreprinderea „Electromotor" Timișoara,

cadre didactice de la Institutul de învățământ superior Suceava și Institutul Politehnic Iași, specialiști din domeniul cercetării, proiectării și producției din cadrul marilor unități ale județelor Suceava și Botoșani, precum și de la IRE Suceava.

Lucrările consfătuirii au fost deschise de către ing. Ovidiu Mustață — directorul IRE Suceava, iar salutul organelor județene de partid și de stat locale, adresat participanților, a fost adus de tovarășul Gheorghe Miron — președintele Consiliului județean al sindicatelor Suceava, membru al Comitetului județean de partid.

În deschiderea lucrărilor consfătuirii, tovarășul ing. Romulus Sfichi de la IRE Suceava a prezentat expunerea „Surse energetice ale viitorului".

În continuare, au fost susținute 27 de referate și comunicări tehnico-științifice, care au abordat o largă paletă de preocupări ale energeticienilor, dintre care menționăm : economisirea energiei electrice în instalațiile de transport și distribuție prin reducerea consumului propriu tehnologic (c.p.t), economisirea energiei și combustibililor în instalațiile marilor consumatori industriali prin aplicarea cu precădere a unor măsuri de ordin energo-tehnologic, recuperarea și valorificarea superioară a resurselor energetice secundare, ameliorarea tehnologiilor energofage și punerea în valoare a unor resurse energetice locale, în mod deosebit valorificarea micropotențialului hidroenergetic prin microhidrocentrale.

Atît prin lucrările prezentate, cît și prin numeroasele intervenții făcute din rîndul celor peste 180 de participanți, în cadrul consfătuirii s-a realizat un util schimb de idei, o informare reciprocă între specialiștii din diverse domenii de activitate, ale căror preocupări converg spre același scop : reducerea consumurilor energetice, prin îmbunătățirea tehnologiilor de lucru în unitățile industriale și introducerea în balanța energetică locală a noi surse energetice.

Prin intervenția tovarășului David Marin — șeful Oficiului de informare documentară pentru energetică (OIDE), prezent la această manifestare, participanții au luat cunoștință de noi aspecte privind serviciile OIDE în legătură cu informarea documentară de specialitate și mai ales cu profilul și conținutul revistelor „ENERGETICA" și „ENERGETICA SUPLIMENT".

În încheierea lucrărilor consfătuirii a luat cuvîntul tovarășul ing. Victor Mirea — director adjunct în cadrul Centralei industriale de rețele electrice, care a subliniat principalele direcții de acțiune ale energeticienilor în domeniile care vizează economisirea energiei și utilizarea rațională a acesteia, insistînd asupra concluziilor esențiale rezultate din dezbateri.

Evidențiem concluziile mai importante :

— În problema proiectării și construcției microhidrocentralelor (MHC), s-a subliniat necesitatea ca IRE Suceava (și în general toate IRE-urile din țară) să dețină rolul de coordonator al actiunii de microhidroelectrificare în zona sa de activitate, pentru a asigura o concepție unitară și sistemică de realizare a acestor obiective, indiferent de beneficiar ; ca proiectant general, IRE trebuie să urmărească încadrarea acestor obiective în Pragramul național de amenajare complexă și sistematizare a rețelei hidrografice a țării, punînd accentul pe utilizarea resurselor materiale locale.

— Este necesată diversificarea proiectelor tip de către coordonatorul general al concepției de microhidroelectrificare — ISPH București — prin luarea în considerare a soluției de echipare a MHC mici (0—250 kW) cu pompe centrifugale, funcționînd în regim de turbine ; în acest sens IRE Suceava a elaborat deja trei documentații în fază PE pentru trei MHC echipate cu astfel de utilaje de producție serie (fabricație a întreprinderii „AVERSA" București), urmînd ca pînă la finele acestui an să se execute și să se pună în funcțiune, cu caracter experimental, una din aceste MHC.

— Este necesară urgentarea tipăririi și difuzării prescripției energetice PE 306/83 (Normativ cadru pentru proiectarea microhidrocentralelor) ; în același context este necesară urgentarea finalizării și difuzării la IRE-uri, de către ISPH, a îndrumarului pentru elaborarea PE și DDE de MHC, inclusiv inițierea unui proiect de prescripții STAS privind definirea, locul pe care-l ocupă în cadrul CHE, concepția de proiectare, construcția și exploatarea acestor obiective.

— Impactul MHC asupra mediului ambiant, mai ales în zonele montane, constituie o problemă încă nerezolvată în sensul corelării acestor lucrări cu alte lucrări de ameliorări silvice, de asigurare a continuității vieții acvatice (a faunei piscicole montane), ceea ce implică o clarificare de ansamblu pentru Ministerul Energiei Electrice — Ministerul Economiei Forestiere și Materialelor de Construcție.

— Se impune mărirea gradului de tipizare pentru echipamente și proiecte, astfel încît să se diminueze progresiv atît costul echipamentelor (care la ora actuală deține o pondere nejustificat de mare în valoarea investițiilor de MHC), cît și costurile de proiectare.

— La alegerea variantelor de amplasament pentru MHC, care trebuie să se facă în contextul amenajării integrale a rîurilor mici și a pîraielor, cu încadrarea în programul CNA—ICPGA—ISPH privind amenajarea complexă și sistematizarea rețelei hidrografice a țării, este necesară aplicarea criteriului cheltuielilor anuale actualizate minime.

— Cu privire la economisirea energiei și combustibililor în instalațiile marilor consumatori, IRE, în calitate de „energetic șef" în zona sa de activitate, trebuie să continue studiile de energetică industrială, care să urmărească evidențierea și aplicarea întregului ansamblu de măsuri de ordin, în primul rînd, energo-tehnologic, pentru a pune în valoare rezervele încă destul de mari existente în fiecare unitate.

— În aceeași direcție, este necesară o cît mai atentă urmărire a valorificării resurselor energetice secundare, care pentru unele unități industriale (cum ar fi cele forestiere din județul Suceava) pot face posibilă nu numai autonomia energetică, ci și furnizarea de energie electrică și termică (în sistem sau altor consumatori).

— În rețelele electrice de transport și distribuție a energiei electrice trebuie continuată mai susținut activitatea de optimizare a funcționării sistemelor electroenergetice locale în contextul preocupărilor pe aceeași direcție în întregul sistem electroenergetic național, un accent deosebit este necesar să se pună, din acest punct de vedere, pe folosirea tehnicii moderne de calcul.

— Pentru realizarea majorității obiectivelor propuse este necesară o mai intensă activizare a schimburilor de experiență, generalizarea experienței pozitive, o mai bună și perseverentă informare documentară de specialitate a tuturor categoriilor de oameni ai muncii din toate domeniile de activitate ce au tangență cu problemele energiei.

În după amiaza aceleiași zile, participanții la consfătuire au beneficiat de o excursie documentară făcută la microhidrocentrala Arinis (Gura Humorului) pusă recent în funcțiune și echipată cu microhidroagregate fabricate de ICM Reșița (2 microturbine de tip EOS 700 și respectiv EOS 1100) — obiectiv aflat în premieră în județul Suceava și printre primele de acest gen din țară.

Ediția a VI-a a acestei consfătuiri urmează să aibă loc în 1985.

Ing. Romulus Sfichi,
IRE Suceava

1. Mustaţă, Ov., Sfichi, R., Cefranov, V., Ani, P. I., Velehorschi, V., Prelipcean, I., (IRE Suceava) : Preocupări, rezultate şi măsuri privind reducerea consumului propriu tehnologic în reţelele electrice de transport şi distribuţie din judeţele Suceava şi Botoşani.
2. Chiriac, Tr. (IRE Suceava) : Informare cu privire la rezultatele de reducere a consumurilor de energie electrică a unităţilor industriale din judeţele Suceava şi Botoşani.
3. Mustaţă, Ov., Sfichi, R., Blumenfeld, S., Reziuc, Ol. Martiniuc C., Ilie, V., Mîndruţescu, P., Căşeru, M. (IRE Suceava) : Asupra stadiului realizării măsurilor de economisire a energiei electrice şi termice rezultate din bilanţurile şi studiile de bilanţ energetic în întreprinderile industriale din judeţele Suceava şi Botoşani.
4. Sfichi, R., Lungu, Ov., Fedorciuc, V., Socoliuc. S., Boşcoianu, D., Murărescu, C., Dragomirescu, V. (IRE Suceava) : Asupra stadiului de valorificare a micropotenţialului hictoenergetic din judeţele Suceava şi Botoşani. Optimizarea soluţiilor constructive a microhidrocentralelor.
5. Grando, I. (CCSITEH Reşiţa) : Calitatea energiei electrice — criteriu tehnico-economic de echipare a microhidroamenajărilor.
6. Grando, I., Sîrbu, Gh (CCSITEH Reşiţa) : Criterii de funcţionare în paralel a microhidroagregatelor echipate cu generator asincron autoexcitat.
7. Neda, T., Grando, I., Klein, A. (CCSITEH Reşiţa) : Microhidroagregat de largă utilizare (MLU-0,250) şi echipament de reglare destinat funcţionării automate în paralel şi pe reţea izolată.
8. Neda, T. (CCSITEH Reşiţa) : Factori de sinteză asupra construcţiei microhidrocentralelor şi a echipamentului hidroenergetic aferent.
9. Herman, Gh., März, C., Rogobete, I., Schweiger, G. (CCSITEH Reşiţa) : Turbine Francis pentru microhidrocentrale, tipodimensiuni, variante constructive şi simbolizarea lor.
10. Velciov, M. (CCSITEH Reşiţa) : Generatoarele asincrone tipizate pentru microhidrocentrale fabricate la ICM Reşiţa.
11. Opaschi, M., Crişan, M., Ciucuriţă, A., Tudoran, C. (Întreprinderea „ELECTROMOTOR" Timişoara) : Microhidroagregate autonome şi neautonome, automatizate, echipate cu turbine cu dublă acţiune realizate la „Electromotor" Timişoara.
12. Moruz, I. (CPJ Suceava) : Posibilităţi de economisire a energiei prin optimizarea reţelelor de apă — canal a municipiului Suceava.
13. Ilie, V. (IRE Suceava) : Valorificarea resurselor energetice secundare la Exploatarea minieră Călimani.
14. Hrustovici, L., Leibovici, B., Cavinschi, P. (IRE Suceava) : Posibilităţi de îmbunătăţire a randamentului cuptoarelor de topit sticlă cu referire la industria sticlei din unităţile judeţului Botoşani.
15. Strileţchi, M., Prepeliuc, Tr. Covaşă, M. (Întreprinderea avicolă de stat Suceava) : Raţionalizarea consumului de combustibil şi energie în cadrul subunităţilor Întreprinderii avicole de stat Suceava.
16. Boicu, V., Avasiloaie, A., Marcu, D., Honceru, V. (ITM Botoşani) : Preocupări, realizări şi posibilităţi de utilizare raţională a energiei şi combustibililor în cadrul ITM Botoşani.
17. Sabin, A., Tudoreanu, T., Jitaru, R. (Combinatul minier Gura Humorului) : Acţiuni şi rezultate privind economisirea combustibililor şi energiei în cadrul C.M. Gura Humorului.
18. Fasolă, Gh. (CCH Suceava) : Studiul posibilităţilor de valorificare a tuturor deşeurilor energetice şi propuneri privind investiţiile necesare aplicării soluţiilor tehnice stabilite în cadrul CCH Suceava.
19. Popovici, D. (CCH Suceava) : Modernizarea acţionării suflătorilor de funingine la cazanele de regenerare, în vederea eliminării eşapărilor de abur în atmosferă.
20. Dunea, I. (Inspectoratul teritorial Suceava al MAGF) : Echiparea cuptoarelor industriale cu recuperatoare de căldură.
21. Diaconescu, E., Ciornei, I. (IIS Suceava) : Mărirea randamentului variatoarelor elastohidrodinamice prin descărcarea rulmenţilor.
22. Graur, A., Diaconescu, E. (IIS Suceava) : Îmbunătăţirea randamentului variatoarelor elastohidrodinamice prin modificarea sistemului de ungere.
23. Diaconescu, E., Graur, A., Mandici. L., Ciornei, I. (IIS Suceava) Sistem automat pentru automatizarea procesului tehnologic la maşinile RRB — 40.
24. Grămaticu, M., Gutt, Gh., Băncescu, N. (IIS Suceava) : Aspecte privind îmbunătăţirea bilanţului energetic la maşinile de sudat prin presiune.
25. Grămaticu, M., Gutt, Gh., Băncescu, N. (IIS Suceava) : Reducerea consumurilor energetice la tratamentul termic al discurilor de grapă.
26. Gutt, Gh. (IIS Suceava), Ivaşcu, St.(IP Iaşi), Gutt, S., Grămaticu M. (IIS Suceava) : Studiu privind influenţa convecţiei forţate la depunerile galvanice asupra randamentului de curent şi energie.
27. Gutt, Gh. (IIS Suceava), Ivaşcu, St. (IP Iaşi), Gutt, S., Grămaticu, M. (IIS Suceava) : Contribuţii privind elaborarea bilanţurilor de materiale la cuprarea şi nichelarea electrolitică.

CONSFĂTUIRE DE LUCRU :
„PROBLEME LEGATE DE FUNCŢIONAREA ÎN CONDIŢII DE DEFICIT DE PUTERE ŞI FRECVENŢĂ SCĂZUTĂ"
— BUCUREŞTI, 1983 —

În zilele de 19 şi 20 mai s-a desfăşurat la Institutul de Cercetări şi Modernizări Energetice Bucureşti consfătuirea de lucru privind funcţionarea SEN în condiţii de deficit de putere şi frecvenţă scăzută. Consfătuirea de lucru a fost organizată de ICEMENERG în colaborare cu Secţia Ştiinţă — Învăţămînt din cadrul Comitetului Municipal P.C.R. Bucureşti. Preşedinte de onoare al consfătuirii a fost dr. doc. ing. P. Dimo — membru corespondent al Academiei R.S.R.

Importanţa problematicii dezbătute în cadrul lucrărilor consfătuirii a impus participarea unor cadre cu funcţii de răspundere şi a unor cunoscuţi specialişti (peste 200 participanţi) din conducerea M.E.E., DEN, C.I.P.E.E.T. şi C.I.R.E., ISPH şi ISPE, I.P.B., din institutele de cercetare şi proiectare ale ramurilor industriale (ICSITEE, ICPE, ICEM, IPROMET, IAMN, IPROLAM), din centrale şi mari unităţi industriale (Centrala Sticlei, Centrala Cimentului, Centrala Lemnului, CIMIC-MIU, IMGB, 23 August, Republica, Autobuzul, Vulcan, Semănătoarea, Aluminiu Slatina, CFS Săvineşti, Griviţa Roşie , Danubiana, Timpuri Noi ş.a.), din IDEB şi IREB.

Lucrările consfătuirii s-au axat pe următoarele trei domenii :

a) Condiţii de siguranţă şi economicitate ale funcţionării SEN în ansamblu şi ale instalaţiilor componente în situaţii de deficit de putere şi frecvenţă scăzută.

b) Politica energetică și relațiile furnizor-consumator în situațiile de lipsă de putere și energie.

c) Aspecte privind regimul de funcționare al consumatorilor industriali în condiții de deficit de putere și energie în SEN.

În partea finală a consfătuirii a avut loc masa rotundă cu tema : „Efectele măsurilor întreprinse în scopul echilibrării balanțelor de putere și energie la nivelul SEN",

Referatele prezentate au abordat probleme privind următoarea tematică :

— situația energetică actuală și perspective de evoluție a SEN — R.S.R. ;

— probleme actuale privind echilibrarea balanței de putere și energie în sistemul electroenergetic ;

— funcționarea instalațiilor de producere a energiei electrice la abateri de durată ale frecvenței ;

— eficiența economică a asigurării calității energiei electrice în condiții de deficit de putere în SEN ;

— stabilitatea SEN, izolat și interconectat, în condiții de deficit de putere și frecvență scăzută ;

— influența funcționării SEN la deficit de putere și frecvență scăzută, asupra condițiilor de acționare ale automaticii de siguranță ;

— rolul și condițiile de funcționare ale CHE în situații de deficit de putere și energie în SEN ;

— rolul autoproducătorilor în funcționarea sistemului autoenergetic ;

— comportarea consumatorilor la abateri de durată ale tensiunii și frecvenței ;

— necesitatea introducerii de mijloace moderne de gestiune putere-energie în SEN ;

— efectele reale ale măsurilor întreprinse pentru reducerea consumului de energie electrică.

Referatele prezentate și discuțiile purtate pe marginea lor au repus în discuție cauzele ce au condus la balanța energetică încordată în SEN, dintre care se menționează :

— disponibilitatea redusă a grupurilor de mare putere funcționînd pe cărbune ;

— întîrzierea intrării în funcțiune a unor agregate noi în centralele hidroelectrice ;

— lipsa hidrocarburilor necesare pentru pornirea și încărcarea agregatelor aflate în rezervă ;

— volumul redus de apă din lacurile de acumulare ale CHE datorită condițiilor de secetă din ultima perioadă.

O cauză principală a deficitului de putere și energie în SEN o constituie depășirea consumurilor planificate de către o parte din consumatorii industriali importanți.

Pentru compensarea deficitului important de putere din balanța energetică a sistemului au fost întreprinse acțiuni cu caracter excepțional. Dintre acestea se amintesc :

— funcționarea sistemului, în unele perioade ale zilei, izolat de sistemele electroenergetice ale țărilor vecine pentru a fi cotrolat importul neplanificat de putere din aceste sisteme ;

— funcționarea hidrocentralelor în regimuri diferite de cele pentru care au fost concepute ;

— aplicarea unor programe speciale de limitare a consumului ;

— reducerea consumului în situații de urgență prin măsuri dispuse de către conducerea operativă prin dispecer a sistemului sau ca urmare a acțiunii automaticii de siguranță a sistemului ;

— alimentarea în insulă a unor zone de consum de pe teritoriul RSR din sistemele electroenergetice învecinate.

Datorită condițiilor grele de echilibrare a balanței producție-consum, în ultimii doi ani s-a funcționat pe perioade relativ lungi de timp cu frecvență scăzută, situație determinată de următoarele rațiuni :

— diminuarea importului neplanificat de energie, în condiții penalizatoare ;

— micșorarea puterii active consumate în condițiile asigurării alimentării cu energie electrică, pe cît posibil, a tuturor consumatorilor ;

— economisirea apei din acumulările hidroenergetice.

Pe de altă parte, vorbitorii au scos în evidență dezavantajele funcționării în astfel de regimuri, din care au fost accentuate următoarele :

— micșorarea gradului de siguranță în funcționare a SEN datorită deteriorării condițiilor de stabilitate a sistemului și apropierii de limitele de funcționare ale automaticilor de siguranță ;

— înrăutățirea reglajului frecvenței în sistem ;

— scăderea nivelurilor de tensiune în sistem datorită reducerii puterilor reactive generate și creșterii puterilor reactive consumate ;

— uzarea accelerată a paletelor, bandajelor etc. ale turboagregatelor ceea ce impune dese revizii și reparații și volum mare de lucrări ;

— variații importante de frecvență în sistem, o parte din acestea datorate interconectărilor zilnice cu sistemele vecine ; acestea au consecințe negative legate de uzura grupurilor din centralele reglante, de existența supra sau subreglărilor, de efortul deosebit al personalului operativ.

Consfătuirea, avînd un caracter tehnico-științific , a constituit un util schimb de opinii între specialiștii din diverse ramuri industriale și a permis stabilirea unor direcții de acțiune cu aplicabilitate imediată și de perspectivă.

Dintre ideile valoroase reținute se menționează :

— M.E.E. urmărește alimentarea normală a consumatorilor în primul rînd prin eforturi proprii. Măsurile de limitare a consumului nu constituie o politică deliberată, ci sînt rezultatul situației încordate în care se menține balanța energetică.

— În situația actuală, deficitul este de structură a resurselor, de fiabilitate a echipamentelor, de calitate a combustibililor solizi.

— Deficitul se exprimă sintetic fie la nivelul sistemului energetic, prin frecvența scăzută a cărei limită inferioară poate fi modificată acceptînd compromisuri de natură tehnică de calitate și de productivitate, fie la nivelul consumatorilor, prin existența limitărilor sau sacrificiilor, cel mai evident simptom al deficitului.

— În condițiile actuale de funcționare a SEN, principiul „producția licitată de consum" trebuie să își piardă valabilitatea în favoarea unui principiu de planificare a consumului în raport cu posibilitățile de producție.

— Volumul actual al consumului racordat la tranșele de DASf este de circa 32 % din total. Este de dorit o creștere a acestuia la circa 40—60 % din consumul total, pentru a se evita dezmembrarea sistemului în situații de avarii foarte grave.

— Utilizarea derivatei frecvenței drept criteriu complementar în stabilirea momentului acționării DASf prezintă avantajul evaluării deficitului și deci a valorii concrete cu care trebuie modificată sarcina pentru ca frecvența să revină la valoarea din momentul măsurării derivatei. Folosirea criteriului derivatei frecvenței reclamă cercetări pentru realizarea unor echipamente numerice de măsură și control fiabile și la un preț competitiv.

— Există riscul apariției unor avarii la paletatura turbinelor, datorate unor fenomene de oboseală cumulate în timp ca urmare a funcționării turbinelor la frecvență scăzută. Este totuși de observat că nici una din cele nouă avarii produse la paletatura turbinelor în anul 1982 nu a putut fi imputată direct funcționării îndelungate a turbinelor la frecvență scăzută.

— Exploatarea centralelor hidro pe principiul „salvării momentului" a condus, pe de o parte, la scăderea energiei totale produse de aceste centrale prin exploatarea lacurilor sub cota normală și, pe de altă parte, la un deficit de putere în semestrul de iarnă, zona de vîrf, de circa 430 MW, ceea ce a condus la un consum suplimentar de gaze și păcură.

— Depășirea dificultăților actuale cu care este confruntat sistemul electroenergetic național poate fi făcută numai ptrintr-o colaborare strînsă între furnizorul de energie electrică și beneficiar. Promovarea unei politici judicioase de consum rațional și cu eficiență maximă a energiei electrice de către consumator contribuie mult la preîntîmpinarea sau depășirea regimurilor limită ale sistemului electroenergetic.

— Este de preferat un număr minim de consumatori tampon de puteri suficient de mari pentru ca aportul lor în sistem să fie semnificativ; regimul de funcționare al acestor consumatori trebuie să permită deconectarea lor cu efecte economice minime (de exemplu cuptoarele electrice cu arc).

— O parte din întreprinderile industriale posedă centrale termice dotate cu grupuri producătoare de energie electrică. Exploatarea acestora la capacitatea maximă poate contribui mult la diminuarea dezechilibrelor din sistemul electroenergetic național.

— La proiectarea noilor obiective, folosirea energiei electrice ca energie de substituție într-o serie de procese tehnologice, trebuie justificată pe baza unor calcule comparative tehnico-economice, care să țină cont de randamentul global de producere a energiei electrice.

— În cadrul ramurilor industriale, preocupările de energetică industrială sînt relativ puțin dezvoltate. Nu există norme pentru consumurile energetice fundamentate științific și nu există preocupări sistematice pentru evaluarea daunelor ce rezultă din funcționarea la frecvență și tensiune scăzută.

— Perfecționarea sistemelor actuale de măsură a energiei electrice și puterilor absorbite de consumatorii industriali trebuie orientată în direcția utilizării sistemelor numerice de gestiune în timp real „putere-energie". Este necesară în acest sens, introducerea în relația furnizor-consumator a sistemelor de măsură și control operativ de tip EGOPEC (Echipament pentru gestiunea operativă a energiei și puterii la consumatori) la marii consumatori, asigurînd administrarea unor măsuri de încadrare a acestora în normele de consum putere-energie.

— Situația actuală impune elaborarea unor programe de limitări pe baze economice, care să permită o activitate organizată în situații de deficit de putere în SEN, în locul unor acțiuni de campanie cu efecte imprevizibile.

— Politica de reciclare în domeniul energeticii industriale trebuie să cuprindă nu numai energeticienii, ci și personalul tehnic și de conducere din toate întreprinderile industriale.

În timpul dezbaterilor s-a scos în evidență necesitatea întăririi rolului ICEMENERG de îndrumare și coordonare metodologică în domeniul energeticii industriale și consumurilor energetice.

C.M. — ICEMENERG

REFERATE PREZENTATE

I. *Condiții de siguranță și economicitate ale funcționării SEN în ansamblu și ale instalațiilor componente în situații de deficit de putere și frecvență scăzută*

1. Cercetări incrementale pe imaginea nodului
   Autor: dr. doc. ing. P. Dimo — Membru corespondent al Academiei R.S.R.
2. Considerații actuale privind reglarea frecvenței în SEN
   Autor: ing. V. Cambureanu — DEN
3. Reorganizarea provizorie a tranșelor de DASf în condițiile funcționării SEN cu frecvență scăzută
   Autori: ing. I. Chenzbraun — DEN
   ing. G. Botez — DEN
4. Condiții de acționare a descărcării automate de sarcină la scăderea frecvenței în SEN
   Autori: dr. ing. C. Mihăileanu — ICEMENERG
   dr. ing. J. Constantinescu — ICEMENERG
5. Considerații privind posibilitatea utilizării în SEN a DASf cu folosirea derivatei de frecvență
   Autori: dr. ing. M. Pomârleanu — ICEMENERG
   ing. L. Bejuscu — ICEMENERG
6. Aspecte privind utilizarea DASf în scopul creșterii siguranței în funcționare a platformelor energetice la separarea de sistem
   Autori: ing. Gh. Georgescu — ICEMENERG
   ing. D. Mihăilescu — ICEMENERG
   ing. I. Rențea — ICEMENERG
7. Aspecte privind funcționarea instalațiilor de producere a energiei electrice la abateri ale frecvenței
   Autor: ing. G. Popescu — C.I.P.E.E.T.
8. Funcționarea instalațiilor de turbine la abateri de durată ale frecvenței
   Autori: ing.. R. Opincaru — ICEMENERG
   ing. M. Popovici — ICEMENERG
9. Regimuri de funcționare ale CHE în situații de deficit de putere și energie în SEN.
   Autori: ing. S. Cerchez — C.I.P.E.E.T.
   ing. D. Săndulescu — D.E.N.
10. Contribuția CHE la funcționarea SEN în condiții de deficit de putere și frecvență scăzută
    Autor: dr. ing. Gh. Cosma — ICEMENERG
11. Aparatură elaborată de ICEMENERG pentru automatica de evitare a extinderii avariei în caz de scădere a frecvenței și a puterii disponibile sub nivelele critice
    Autori: ing. E. Costiner — ICEMENERG
    ing. A. Ungureanu — ICEMENERG
    ing. R. Zimand — ICEMENERG

II. *Politica energetică în relațiile furnizor-consumator în situații de lipsă de putere și energie în SEN*

1. Corelarea economiei de energie cu nivelul de siguranță necesar funcționării proceselor tehnologice la consumatorii industriali
   Autori: dr. ing. C. Mihăileanu — ICEMENERG
   ing. A. Perea — ICEMENERG
2. Stabilirea evoluției consumului de energie electrică în rețelele urbane în condițiile energetice actuale
   Autori: dr. ing. Gh. Bălan — ICEMENERG
   dr. ing. T. Ionescu — ICEMENERG
   sing. D. Caraivan — ICEMENERG
3. Aspecte privind limitarea puterii absorbite de consumatorii industriali în condiții de deficit de putere și energie în SEN
   Autori: ing. V. Mirea — C.I.R.E.
   ing. D. Merișca — C.I.R.E.
   ing. I. Fecioru — C.I.R.E.
   ing. A. Grosu — C.I.R.E.
4. Posibilități de creștere a puterilor debitate de centralele electrice ale autoproducătorilor
   Autor: ing. D. Preda — ICEMENERG
5. Acumularea căldurii în centralele termoelectrice, mijloc de aplatisare a curbei de sarcină

Autori : ing. A. Mihăilă — ICEMENERG
ing. C. Bilegan — ICEMENERG
chim. A. Predica — ICEMENERG
dr. ing. C. Staicu — ICEMENERG

6. Introducerea mijloacelor moderne de evidenţă, control şi comandă a puterii şi energiei absorbite de marii consumatori industriali şi similari cu mai multe puncte de măsură

Autori : dr. ing. H. Cristea — ICEMENERG
dr. ing. Gh. Bălan — ICEMENERG
ing. V. Mirea — C.I.R.E.

7. Aspecte privind încadrarea consumatorilor în repartiţiile de putere şi energie electrică
Autor : ing. I. Ştirbulescu — I.D.E.B.

III. *Aspecte privind regimul de funcţionare al consumatorilor industriali în condiţii de deficit de putere şi energie în SEN*

1. Bilanţul electroenergetic — instrument al gestiunii economice a energiei electrice
Autori : dr. ing. C. Mihăileanu — ICEMENERG
dr. ing. D. M. Potlog — ICEMENERG
ing. V. Rugină — ICEMENERG

2. Posibilităţi de reducere a puterii absorbite în situaţii de deficit de putere în SEN la întreprinderi din industria cimentului
Autori : dr. ing. Gh. Bălan — ICEMENERG
ing. V. Rugină — ICEMENERG

3. Alegerea consumatorilor de energie electrică ce urmează a fi opriţi în timpul limitărilor de putere absorbită
Autor : dr. ing. Alexandru Pop — ICSITEEMR

4. Politica energetică la nivelul unui mare consumator industrial pentru asigurarea realizării sarcinilor de plan, cu consum energetic redus
Autor : d.. ing. C. Mereuţă — Intreprinderea Autobuzul

5. Gospodărirea raţională a energiei electrice şi a căldurii în procesele tehnologice din industrie
Autori : ing. V. Vuică şi ing. Gh. Nistor — Întreprinderea 23 August Bucureşti

6. Comportarea acţionărilor electrice cu motoare asincrone şi sincrone la abateri de durată ale tensiunii de alimentare şi ale frecvenţei acesteia
Autori : dr. ing. D. M. Potlog — ICEMENERG
tehn. V. Toader — ICEMENERG

7. Caracteristicile energetice ale cuptoarelor electrice cu arc de capacitate mare
Autor : ing. S. Cotenescu — ICEMENERG

8. Posibilităţi de programare a funcţionării laminoarelor corelat cu necesităţile de reglaj ale curbei de sarcină SEN
Autori : ing. I. Popescu — IPROLAM
ing. Gh. Constantinescu — IPROLAM
ing. M. Trandaf — IPROLAM

IV. *Masă rotundă cu tema :*
„Efectele măsurilor întreprinse în scopul echilibrării balanţelor de putere şi energie la nivelul SEN"

1. Efectele reale ale măsurilor întreprinse pentru reducerea consumului de energie electrică
Autor : ing. A. Sava — D.T. — M.E.E.

2. Opţiuni privind modalităţi de diminuare a efectelor negative ale măsurilor de limitare a consumului de energie electrică
Autor : dr. ing. C. Mereuţă — Întreprinderea „Autobuzul"

Centenar Dimitrie Leonida

În ziua de 23 mai 1983, s-au împlinit 100 de ani de la naşterea profesorului inginer Dimitrie Leonida. Cu acest prilej, Muzeul tehnic din Capitală a organizat atît în Bucureşti, cît şi la Bicaz manifestări consacrate centenarului naşterii lui Dimitrie Leonida, unul dintre principalii precursori ai tehnicii moderne, a cărui viaţă şi muncă s-au împletit în mod fericit cu începuturile energeticii româneşti.

În perioada 21—23 mai a avut loc la Bucureşti un simpozion organizat în colaborare cu Consiliul Naţional al Inginerilor şi Tehnicienilor, iar la Bicaz s-au desfăşurat, în ziua de 31 mai, lucrările unui simpozion organizat în colaborare cu Comitetul judeţean de cultură Neamţ.

Tot cu prilejul centenarului, la sediul muzeului au avut loc dezvelirea bustului „Dimitrie Leonida", vernisarea unei expoziţii omagiale „Dimitrie Leonida", precum şi o adunare în care foştii elevi, profesori, colaboratori apropiaţi, au adus un omagiu marelui înaintaş.

Comunicările prezentate au evidenţiat principalele domenii în care Dimitrie Leonida a activat ca profesor, ca pionier al electrificării ţării, al electrificării căilor ferate, sau ca întemeietor, în 1908, al primei şcoli de mecanici şi electricieni din România.

Distinsele personalităţi care au luat cuvîntul au omagiat opera, dar mai ales pe făuritorul ei — Omul, care, ia presus de meritele sale ştiinţifice, a fost şi a rămas în mintea celor care l-au cunoscut un om al timpului său şi un mare exemplu pentru generaţiile următoare.

Aşa cum a subliniat în cuvîntul său Emil Prager, unul dintre marii ingineri constructori ai României, ce poate fi pus alături de Anghel Saligny şi Elie Radu, Dimitrie Leonida a fost unul din pionierii generaţiei Gogu Constantinescu şi Henri Coandă.

Unul din meritele insistent subliniate de vorbitori, a fost acela că Dimitrie Leonida, spre deosebire de ceilalţi doi mari inventatori ai României, a lucrat, a creeat şi a luptat toată viaţa pentru modernizarea tehnicii româneşti numai în ţară, în ciuda greutăţilor cu care a fost confruntat, mai ales în perioada de început a activităţii sale. (Deşi i s-a propus să lucreze în Germania, fiind foarte mult apreciat de foştii săi profesori, Leonida a dorit să slujească interesele ţării sale).

În comunicarea „Profesorul Dimitrie Leonida fondatorul şcolii energetice româneşti", profesorul dr. doc. V. Nitu a scos în evidenţă faptul că Dimitrie Leonida a conceput planul de electrificare a întregii ţări în anul 1921, cu. cîteva luni înainte de planul sovietic Goelro.

Prof. dr. ing. A. Arie, în comunicarea „Concepţia profesorului Dimitrie Leonida despre electrificarea ţării" a arătat că profesorul Dimitrie Leonida a elaborat planul de electrificare cu principalele centrale hidro şi termoelectrice, precum şi reţeaua electrică de transfer. Ca un lucru inedit, s-a menţionat că Leonida în estimarea potenţialului energetic al întregii ţări, a luat în calcul şi puterea animală, făcînd chiar studii în acest sens.

Alţi vorbitori, ca prof. dr. ing. A. Diacon în „Contribuţia profesorului Dimitrie Leonida la realizarea CHE Bicaz", sau inginer P. Cartianu — „Dimitrie Leonida şi realizările energetice interbelice" au subliniat meritul lui Dimitrie Leonida în proiectarea şi execuţia unor obiective energetice româneşti, rolul său de conducător tehnic.

Așa cum s-a arătat la simpozion, un centenar este și un prilej de analiză, de revalorificare a întregii opere, iar Leonida, așa cum reise dintr-o scrisoare primită din partea muncitorilor de la Bicaz cu ocazia împlinirii a 75 de ani de viață, a putut privi cu mîndrie la roadele muncii sale din decursul a cincizeci de ani numele său fiind legat de începuturile hidroenergeticii românești, în special de amenajarea hidroenergetică a riului Bistrița și de editarea revistei „Energia", în care a popularizat ideea de electrificre a țării.

O prezentare deosebită a personalității profesorului inginer Dimitrie Leonida, a fost făcută de inginer G. Panaitescu și restauratorul principal St. Serincu în „Evocare Dimitrie Leonida". S-a subliniat în mod deosebit că D. Leonida a avut un merit cu totul special în înființarea primei școli de mecanici și electricieni în 1908 și a Muzeului tehnic în 1909. În școala sa de electricieni și mecanici, elevii, majoritatea muncitori, „n-au plătit vreo taxă, nici timbru pe cererea de înscriere n-au trebuit să pună". Făcea această muncă de apostolat din entuziasm, din dragoste de oameni și abnegație, contribuind cu mijloace proprii la înzestrarea școlii, a laboratoarelor sale. Începutul școlii de electricieni și mecanici se împletește cu începutul fondării Muzeului tehnic, 1908—1909. Practic, de la înființarea școlii, Leonida și elevii săi au strîns obiecte vechi, au creat machete, astfel că în anul 1909, acestea au constituit nucleul primului muzeu tehnic din țara noastră.

Leonida a creat prima școală de electricieni și mecanici pornind de la o necesitate obiectivă, aceea a pregătirii specialiștilor români pentru exploatarea uzinelor electrice. Tot el, la un interval foarte scurt, a fondat muzeul, din necesitatea de a completa cunoștințele elevilor săi, pe viu, cu exponate funcționale, secționate, dînd elevilor posibilitatea să vizualizeze fenomenele și teoriile explicate la cursuri.

Poate, fără a se minimaliza celelalte direcții în care a activat Dimitrie Leonida, acesta este cel mai de seamă lucru lăsat moștenire nouă, generațiilor de azi, poporului român, prin semnificația pieselor strînse cu atîta trudă de el el și elevii săi, prin ceea ce reprezintă ele în istoria tehnicii românești.

La baza fondării Muzeului tehnic au stat cîteva idei care ulterior au fost puse în practică prin organizarea secțiilor muzeului sau proiectarea, cu cîțiva ani înainte de moarte (1965), a unui Muzeu Național sau Muzeul românesc, cum îi plăcea lui să spună. Iată cîteva din acestea :

— Muzeul tehnic trebuie să fie o școală a școlilor, să aibă un pronunțat caracter didactic, să fie o carte vie a tehnicii, unde oricine să poată vedea și face el însuși experiențele cele mai frumoase de fizică, electrotehnică, să poată urmări operațiunile care au loc de la scoaterea minereurilor pînă la fabricarea mașinilor.

— Muzeul tehnic trebuie să aibă un profund caracter național, dar și unul universal.

— Muzeul tehnic trebuie să fie un centru de studii, cercetări privind marile descoperiri în știință și tehnică, deoarece istoria societății omenești nu este numai o istorie a luptelor sociale, ci și o istorie a marilor descoperiri, a invențiilor anonime.

Iată ce spunea Dimitrie Leonida despre rolul Muzeului tehnic ca nucleu de cercetare a marilor descoperiri :

„Pentru toți românii, muzeul trebuie să fie ca un panteon, nu va mai fi nevoie să mergem la muzeul transporturilor și construcțiilor din Berlin pentru a vedea primul macaz din lume, inventat din secolul al XVI-lea de Luca Mureșan un miner de la minele de aur din Abrud. Este o construcție simplă, cu un singur ac, cu șine de lemn, așa cum este și vagonetul expus acolo".

Iată de ce, în semn de recunoaștere, statul român în urna încetării din viață a profesorului inginer Dimitrie Leonida, în luna martie 1965, prin Hotărîrea Consiliului de miniștri nr. 878 din 20 august 1965, a dat muzeului denumirea fondatorului său.

Ideile pentru care a militat o viață Dimitrie Leonida — electrificarea, valorificarea complexă a apelor, Muzeul Românesc — au fost înfăptuite azi, la dimensiuni pe care însuși Leonida nu și le-a putut imagina. Astfel de realizări nu ar fi fost posibile fără o industrializare puternică a țării, proiectele lui Leonida fiind considerate la acea vreme mult peste posibilitățile țării noastre.

De aceea, generațiile de azi omagiind pe profesorul inginer Dimitrie Leonida prin amplele manifestări ocazionate de centenarul nașterii sale, au și datoria de a valorifica la cotele cele mai înalte moștenirea lui Dimitrie Leonida.

ing. Nicolae Diaconescu
Muzeul tehnic „Dimitrie Leonida"

Recenzii

D. ȘTEFĂNESCU, A. LECA, L. LUCA, A. BADEA, M. MARINESCU : **Transfer de căldură și masă. Teorie și aplicații** Editura didactică și pedagogică, București, 1983, 542 p.

Procesele termice și de transfer de masă sînt larg răspîndite în industrie. Ele apar ca procese tehnologice de bază în instalațiile energetice și ca procese secundare în cadrul altor instalații industriale, cum sînt cele metalurgice, chimice, de fabricare a celulozei și hîrtiei etc. Deși apar numai ca procese însoțitoare în cel de-al doilea caz, importanța lor este vitală în asigurarea bunei desfășurări și a obținerii unei calități corespunzătoare în cadrul proceselor tehnologice primare.

Esențială pentru cunoașterea acestor procese este cunoașterea cîmpurilor termice aferente, respectiv a cîmpurilor de concentrații masice. Transferul de căldură și de masă apare în acest context ca un rezultat natural și intrinsec al proceselor respective, generat de neuniformitatea spațială și evoluția în timp a cîmpurilor termice și de concentrații.

Lucrarea recenzată își propune să prezinte , într-o manieră sistematică și unitară, cunoștințele de bază ale acestei științe tehnice și să le ilustreze cu aplicații numerice adecvate. Lucrarea face parte din categoria manualelor universitare și are la bază o bogată experiență didactică a autorilor, o bibliografie reprezentativă pentru acest domeniu al științelor tehnice ca și o serie de rezultate valoroase ale cercetărilor proprii, realizate de către autori în cadrul Institutului politehnic București, precum și în cadrul unor institute de învățămînt superior din străinătate.

Prin conținutul său, lucrarea se adresează în primul rînd studenților de la Facultatea de Energetică, la direcții de aprofundare a specializării de termoenergetică, centrale nucleare-electrice și energetică industrială, constituind manualul disciplinei de Transfer de căldură și masă. Aceasta constituie o disciplină cu caracter introductiv în specialitatea de bază, o disciplină care sintetizează cunoștințele fundamentale în acest domeniu, fără a ataca cercetările de vîrf, extrem de complexe ale proceselor termice. Menționăm că este unul din foarte puținele manuale universitare, de la noi din țară, destinate acestei, discipline, și este comparabil, prin substanța și calitatea prezentării, cu o serie de tratate universitare din străinătate, intrate de mult în literatura de specialitate ca manuale de referință. La această reușită au contribuit, deopo-

trivă, bogata experienţă didactică şi fructuoasa muncă de cercetare ştiinţifică a autorilor.

Lucrarea este structurată pe trei părţi, funcţional diferite. Primele 15 capitole tratează problemele teoretice ale transferului de căldură şi masă, capitolul 16 oferă o serie de aplicaţii numerice la tematica prezentată, iar cele 23 de anexe prezintă informaţii utile, de completare a primelor două părţi.

Capitolul 1 constituie o prezentare generală a conceptelor şi mărimilor de bază ce caracterizează transferul de căldură, manifestat prin cele trei moduri fundamentale: conducţie, convecţie şi radiaţie termică. Problemele fundamentale ale conducţiei termice sînt prezentate apoi detaliat în capitolele 2—5, astfel: Elementele de bază ale conducţiei termice, Conducţia termică unidirecţională în regim constant, Conducţia termică bi- şi tridirecţională în regim constant, Conducţia termică în regim tranzitoriu. Tematica este prezentată de la simplu la complex, de la fenomenul fizic la modelul matematic şi soluţiile practice de calcul. Remarcăm în mod deosebit prezenţa elementelor de calcul numeric sub forma unor exemple de modele cu diferenţe finite. Deşi aceste metode au cedat în ultima vreme locul metodelor cu elemente finite, ele sînt valoroase prin caracterul mai accesibil şi mai uşor intuitiv pe care îl prezintă în comparaţie cu celelalte metode. De asemenea, considerăm foarte reuşita partea destinată conducţiei termice prin suprafeţe extinse, respectiv tratarea nervurilor.

Capitolele 6—11 sînt consacrate convecţiei termice. Problemele abordate sînt foarte complexe, datorită fenomenelor de transport ce se întrepătrund cu cele de transfer termic, precum şi situaţiilor de schimbare de fază care apar în unele instalaţii energetice. Structurarea pe capitole se face astfel: Elemente de bază ale convecţiei termice, convecţia liberă, Convecţia forţată monofazică în ţevi şi canale, Convecţia forţată monofazică la suprafeţele exterioare, Transferul de căldură la fierbere şi Condensarea. Remarcăm în mod deosebit efortul făcut de autori în prezentarea fenomenologică a acestor procese extrem de complexe, pentru o mai bună înţelegere a lor şi numai după aceea prezentarea metodelor criteriale de analiză a lor. De asemenea, se acordă un spaţiu larg problemelor de strat limită, una dintre cele mai fertile aproximaţii de investigare teoretică şi experimentală a proceselor termohidraulice.

Capitolul 12 este destinat radiaţiei termice. În comparaţie cu celelalte moduri de transfer ale căldurii prezentate consistent în capitolele 2—11, radiaţia termică apare puţin cam simplificată şi incompletă, datorită spaţiului mic acordat. Astfel, în timp ce conducţia termică beneficiază de 26% din volumul lucrării, iar convecţia termică de 27%, radiaţiei termice îi revine numai 5%. Considerăm că, deşi acest manual a trebuit să reflecte programa analitică a cursului de Transfer de căldură şi masă, pentru a răspunde importanţei practice pe care o au procesele de radiaţie termică în industrie, lucrarea trebuia să prezinte o tratare mai detaliată a acestor probleme.

Capitolul 13 constituie o încercare reuşită de apropiere de realitatea industrială, prin prezentarea unor procese complexe de schimb de căldură. În primul rînd apar procesele combinate de convecţie şi radiaţie, care se manifestă simultan, iar apoi cele de convecţie şi conducţie, care se manifestă secvenţial. Remarcăm prezenţa favorabilă a cunoştinţelor legate de intensificarea proceselor de transfer termic. Ca o ilustrare practică, de larg interes, a acestor procese complexe se prezintă în capitolul 14 elementele de bază ale calculului termic al schimbătoarelor de căldură.

Capitolul 15 este destinat transferului de masă. Se tratează problemele legate îndeosebi de transferul de masă prin difuzie moleculară, de transferul de masă convectiv şi de cel interfazic. Datorită complexităţii acestor probleme se simţea şi aici nevoia unui spaţiu editorial mai larg.

Capitolul 16 condensează un număr de 54 de aplicaţii numerice la tematica de bază a transferului de căldură şi de masă. Prin soluţiile prezentate, aceste aplicaţii numerice constituie un real ajutor pentru cei ce vor să aprofundeze tematica abordată. Considerăm însă că ar fi fost mai util dacă aceste probleme ar fi fost prezentate la sfîrşitul fiecărui capitol, pentru o ilustrare mai reprezentativă a cunoştinţelor tratate.

Lucrarea prezintă în încheiere un număr de 23 de anexe, conţinînd informaţii utile referitoare la sistemele de unităţi de măsură, proprietăţi fizice ale substanţelor, funcţii Bessel şi de eroare, determinarea experimentală a conductivităţii termice, a coeficientului de frecare liniară şi a coeficientului de convecţie ş.a.

Pe ansamblu, se remarcă grija deosebită şi efortul autorilor pentru o prezentare cît mai clară a problemelor, structurarea acestora pe clase de fenomene şi adoptarea unui stil ingineresc caracterizat printr-o grafică explicativă bogată şi un sistem tabelar de sinteză a principalelor relaţii de calcul. Raportată la scopul propus şi la literatura existentă în acest domeniu la noi în ţară, considerăm că prezenta lucrare a reuşit nu numai să satisfacă anumite cerinţe ale procesului de învăţămînt, dar să ofere în acelaşi timp o tratare modernă şi adecvată a problemelor legate de investigarea proceselor de transfer şi de masă.

Dr. ing. Constantin Brătianu

D. ŞTEFĂNESCU, M. MARINESCU, AL. DĂNESCU: **Transferul de căldură în tehnică. Culegere de probleme pentru ingineri.** Editura tehnică, Bucureşti, 1982, vol. I—II, 368—309 p.

Lucrarea se adresează inginerilor din proiectare şi exploatare, care se ocupă cu gospodărirea raţională a căldurii, precum şi studenţilor din învăţămîntul tehnic superior de specialitate. Ea poate fi utilă şi altor categorii de ingineri din diverse domenii de activitate, precum şi specialiştilor care urmează cursurile post-universitare şi doctoranzilor.

Lucrarea este împărţită în opt capitole, prezentînd problemele în mod gradat, de la simplu la complex. Primele şapte capitole, cuprinse în volumul I se referă la transferul căldurii, iar capitolul 8, cuprins în volumul II, se referă la schimbătoare de căldură. În prima parte a fiecărui capitol se dau relaţiile de calcul necesare rezolvării problemelor prezentate în partea a doua a capitolului respectiv. Pentru găsirea relaţiilor de calcul prezentate în prima parte a capitolelor şi folosite la rezolvarea problemelor s-a utilizat, în locul numerotării formulelor, forma tabelată de corespondenţă între numărul problemei şi prezentarea teoretică a procesului.

În primul capitol al lucrării se descrie propagarea căldurii prin conducţie în regim permanent (prin pereţi plani, cilindrici, sferici şi prin pereţi cu nervuri), considerînd conductivitatea materialelor constantă sau variabilă cu temperatura.

Propagarea căldurii prin conducţie în regim tranzitoriu (prin plăci plane, cilindri, sfere, bare drepte), este prezentată în capitolul al doilea.

Capitolul al treilea tratează transferul convectiv de căldură, fără schimbarea stării de agregare a fluidului (transferul convectiv de căldură la mişcarea liberă sau forţată, regim de curgere laminar, turbulent, permanent, tranzitoriu).

În capitolul al patrulea se expune transferul convectiv de căldură cu schimbare de fază a fluidului (fierbere sau condensare).

Capitolul al cincilea prezintă transmiterea căldurii prin radiaţie între două corpuri solide separate de medii neabsorbante (cu suprafeţe plane; aşezate unul în interiorul celuilalt; de forme, mărimi şi poziţii oarecare).

În capitolul al şaselea se dau relaţii de calcul şi probleme rezolvate privind radiaţia gazelor şi flăcărilor.

Ultimul capitol al primului volum descrie schimbul global de căldură între două fluide.

În capitolul al optulea, se prezintă schimbătoarele de căldură, domeniu în care îşi găsesc aplicaţie fenomenele şi problemele prezentate şi analizate în primele şapte capitole.

Sumara trecere în revistă a conţinutului acestei lucrări evidenţiază faptul că se tratează o gamă largă de probleme privind transferul de căldură. Lucrarea cuprinde un număr mare de relaţii de calcul, iar problemele prezentate şi rezolvate sînt analizate în amănunt, pe baza folosirii unei vaste literaturi de specialitate, precum şi a unei importante contribuţii a autorilor.

Lucrarea are un ridicat nivel matematic-ingineresc şi cuprinde peste 180 probleme rezolvate. Se dă un mare volum de date privind caracteristicile termice ale materialelor utilizate în tehnică şi se prezintă tabelat calculul valorilor coeficienţilor de trnsmisie a căldurii, ţinînd seama de valorile criteriilor de curgere a fluidelor.

Pentru formarea gîndirii viitorilor ingineri, în domeniul economic, ar fi fost de dorit ca lucrarea să scoată în evidență unele probleme specifice (după modelul cap. 3.11., 7.17., 7.18.,8.2.—8.4., 8.14 și 8.21.) :

— de comparare de variante, în care să se țină seama de valoarea investițiilor, a cheltuielilor de exploatare, a economiilor de energie și a reducerii consumului de materiale, funcție de grosimea izolațiilor, viteza fluidelor, pierderile de presiune etc. ;

— de siguranță în funcționare și durată de viață a materialelor și instalațiilor supuse șocurilor de temperatură ;

— de exploatare în ceea ce privește : viteza de depunere a impurităților pe suprafețele schimbătoare de căldură influența lor asupra transmisiei căldurii și intervalul optim de timp pentru înlăturarea depunerilor etc.

Prin conținutul, forma și nivelul ei se consideră că lucrarea va avea o largă utilitate și utilizare în rîndurile specialiștilor. Un larg cîmp de aplicare a materialului prezentat îl constituie domeniul centralelor electrice, al rețelelor termice, metalurgiei, construcției de mașini etc.

Contribuția originală a autorilor, bazată pe activitatea îndelungată în domeniul energeticii în general și în domeniul transferului de căldură, în special, conferă cărții un supliment de calitate. Literatura din domeniul termoenergeticii se îmbogățește prin culegerea prezentată cu o lucrare valoroasă și utilă.

Dr. ing. Liviu Lup — I.S.P.E.

TR. G. IONESCU și A. BACIU : **Rețele electrice de distribuție.** Editura tehnică, București, 1982, 448 p.

Dezvoltarea accentuată, atît pe plan mondial, cît și în țara noastră, a rețelelor electrice de distribuție, care capătă o pondere tot mai mare în ansamblul instalațiilor electroenergetice, precum și exigențele mereu crescînde ce se impun acestor instalații, au determinat apariția în Editura tehnică a lucrării amintite, care vine să completeze publicațiile de specialitate din domeniul energetic din țara noastră, ca un domeniu de larg interes.

Actualitatea problemei proiectării, construcției și exploatării rețelelor electrice de distribuție a căpătat o importanță deosebită în condițiile actuale ale crizei energetice mondiale. În acest context, rețelele electrice de distribuție trebuie concepute, realizate și exploatate astfel încît să îndeplinească condiții optime sub aspectul economic, al creșterii gradului de siguranță în alimentarea consumatorilor, micșorării duratei de realizare a lucrărilor, cît și al unor investiții cu cheltuieli de exploatare minime. Toate acestea impun o analiză amănunțită a structurilor și caracteristicilor acestor rețele, necesitînd reconsiderarea unor soluții tradiționale și schimbarea valorilor unor parametri care intră în componența acestor instalații.

În contextul acestor cerințe se înscrie și volumul „Rețele electrice de distribuție", care tratează atît evoluția tehnicii moderne privind dezvoltarea rețelelor electrice de distribuție, cît și metodele noi de calcul folosite, accentul punîndu-se în mod deosebit pe prezentarea bazelor fizice și teoretice ale calculului rețelelor electrice. Pentru partea de dimensionare a acestor instalații, autorii tratează calculul rețelelor complexe urbane și rurale cu ajutorul teoriei grafurilor și a echivalenților de rețea și prezintă modele, algoritmi și programe de calcul specifice. În lucrare se prezintă și problema calculului siguranței în funcționarea a cestor instalații cerute în alimentarea cu energie electrică de către consumatori. Este abordată, de asemenea, avînd un caracter inedit, și problema influenței reciproce dintre rețelele electrice de distribuție și mediul înconjurător, conducerea operativă prin dispecer, precum și execuția sub tensiune a lucrărilor de întreținere și reparație a acestor instalații.

Cartea este structurată pe șapte capitole, astfel :

Capitolul 1 cuprinde nivelul și structura consumului de energie electrică la care trebuie să facă față rețelele electrice de distribuție. În cadrul acestui capitol se tratează problema graficelor de sarcină și se determină consumul specific de energie și putere electrică pentru consumatorii casnici, social-culturali și edilitari din mediul urban și rural, prezentîndu-se metode analitice și statistice de determinare a acestui consum.

Se dau, de asemenea, coeficienții de simultaneitate pentru determinarea puterii solicitate de un grup de consumatori și sarcinile de calcul ale rețelelor electrice de distribuție, determinate global pentru o zonă dată.

Capitolul 2 se ocupă de analiza structurilor și caracteristicilor rețelelor electrice de distribuție, insistînd asupra soluțiilor noi, care prezintă avantaje tehnico-economice. Totodată, se analizează tendințele actuale pe plan mondial în dezvoltarea rețelelor electrice de distribuție, sub aspectul diferitelor configurații, vizînd optimul economic de funcționalitate al acestora.

Capitolul 3 este rezervat metodelor generale de calcul și dimensionare a rețelelor electrice de distribuție. În cadrul acestui capitol se determină numărul și puterea optimă a transformatoarelor din stațiile și posturile de transformare, precum și numărul optim de distribuitoare de medie tensiune. Sînt tratate, de asemenea, și metodele de analiză a regimurilor de funcționare, cu evidențierea defectelor de structură ale unei rețele, metodă bazată pe echivalenții de sistem de tip REI și calculul siguranței în funcționare, cu descrierea modelului matematic și determinarea indicatorilor de fiabilitate pentru aceste categorii de instalații.

Capitolul 4 este rezervat problemei consumurilor proprii tehnologice în rețele, abordîndu-se metodele de determinare a acestor consumuri în rețelele de distribuție de medie și joasă tensiune și în transformatoare. Un paragraf este rezervat pierderilor prin efect corona la liniile electrice de înaltă tensiune. Merită subliniat în cadrul acestui capitol tratarea normării consumului tehnologic de energie în rețelele electrice, problemă mai puțin abordată în lucrările de specialitate, precum și a căilor și metodelor de reducere a acestor consumuri în rețele. În prezentarea căilor și metodelor de reducere a consumului propriu tehnologic în rețele au fost subliniate aspectele actuale mai importante în condițiile îndeplinirii unor sarcini tot mai grele de reducere a acestor consumuri în rețelele electrice din sistemul energetic al R.S.R. În partea referitoare la compensarea puterii reactive se prezintă modul optim de amplasare a bateriilor de condensatoare, echivalentul energetic al puterii reactive, efectele economice ale compensării puterii reactive și determinarea puterii optime a unei instalații de compensare.

În capitolul 5 se tratează problema neutrului în rețelele electrice de distribuție, insistîndu-se asupra fenomenelor electrice care au loc în rețele, în funcție de modul de tratare a neutrului. Sînt prezentate, de asemenea, diferite soluții de tratare a neutrului, în corelație cu influența acestora asupra siguranței în funcționare a instalațiilor.

Capitolul 6 cuprinde influențele reciproce dintre rețelele electrice și mediul înconjurător, în legătură cu calculul și măsurile necesare a fi adoptate în scopul evitării influențelor negative asupra instalațiilor de telecomunicații, protecția rețelelor de distribuție la supratensiuni și pentru evitarea avariilor extinse pe sistem.

Ultimul capitol, capitolul 7, se ocupă de exploatarea, întreținerea și repararea rețelelor electrice de distribuție. Sînt prezentate problemele actuale ale conducerii operative prin dispecer a rețelelor electrice de distribuție, telemecanica instalațiilor și metodele utilizate pentru întreținerea și repararea sub tensiune a liniilor electrice de distribuție.

Menționăm că ultimele două capitole nu se găsesc incluse în monografiile de specialitate și credem că ar fi trebuit extinse mai mult.

Cartea, bazată pe o bogată bibliografie, are un nivel ridicat, remarcîndu-se prin modul științific de abordare și prezentare a materialului.
Prin problematica abordată lucrarea se adresează cercetătorilor, proiectanților, inginerilor, tehnicienilor și studenților, precum și inginerilor care frecventează cursurile de specializare din cadrul centrelor de perfecționare.

În concluzie, remarcăm aportul original al autorilor, bazat pe lunga activitate desfășurată în cercetare și exploatare în cadrul sistemului nostru energetic ; cartea constituie o contribuție valoroasă, îmbogățind literatura de specialitate din domeniul electroenergetic.

Ing. Jean Pomârleanu
— ICEMENERG — București

RODICA VÎLCU, AL. DOBRESCU: **Termodinamica proceselor ireversibile.** Editura tehnică, Bucureşti, 1983, 334 p., 59 figuri, 113 referinţe bibliografice, cu o prefaţă de I. Prigogine—profesor la Universitatea Liberă din Bruxelles, laureat al premiului Nobel (RODICA VÎLCU, AL. DOBRESCU. The **Thermodynamics of irreversible processes**, 334 p., 59 fig., 113 references, with a preface by I. Prigogine, professor at the Free University of Bruxelles, Nobel Prize)

„Termodinamica proceselor ireversibile" se integrează organic în succesiunea lucrării „Termodinamica chimică", semnată de Rodica Vîlcu şi apărută tot în Editura tehnică, în anul 1975. Nu se poate vorbi de o dificultate de acces la informaţie în privinţa primei lucrări fără lectura celei de-a doua, anterioare; se recomandă, însă, lectura unitară a celor două cărţi, mai ales studenţilor care vor să-şi perfecţioneze temeinic cunoştinţele profesionale, care studiază probleme de termoenergetică şi electroenergetică şi multitudinea domeniilor conexe.

Se discută astăzi insistent (pe plan mondial a devenit o problemă de stat) despre recuperarea resurselor secundare de „căldură-deşeu", rezultată în multitudinea proceselor industriale. Trebuie subliniat faptul că, indiferent de domeniu, „căldura-deşeu" provine în mare măsură din aproximaţiile şi erorile comise în calculul şi proiectarea proceselor. Desigur, pentru instalaţiile aflate deja în producţie, se impune depunerea de eforturi pentru recuperarea resurselor secundare, dar la fel de stringent se impune o reconsiderare de fond a modelelor matematice de calcul şi de introducere în structura matematicilor a valorii mărimilor implicate în fenomenele fizico-chimice care sînt puse la baza proceselor tehnologice ce implică transfer de căldură, şi în general de energie, aceste procese reprezentînd în fond o cvasitotalitate.

Experimentul de laborator sau de producţie poate duce la modificări substanţiale în corecţie, dar considerăm mai importantă chiar, „economia de experiment" printr-un calcul şi o proiectare bazate pe modele matematice care reprezintă şi integrează cît mai exact fenomenele fizico-chimice avute în vedere în procesele tehnologice, în relaţii matematice de calcul.

Încă din prima frază a introducerii în „Termodinamica proceselor ireversibile" autorii precizează că obiectul demersului lor ştiinţific este „o ramură recentă a fizicii teoretice, încadrată din punct de vedere sistematic (nr. sistemic) în grupul teoriilor fenomenologice, alături de termodinamica clasică, hidrodinamică şi electrodinamică. Domeniul tratat apelează însă la metode şi ipoteze suplimentare în caracterizarea fenomenelor şi poate fi considerat ca un complement al disciplinelor enumerate".

S-a considerat drept o datorie a recenzenţilor, încercarea de a explica semnificaţia apelului la „metode şi ipoteze suplimentare" în caracterizarea fenomenelor şi constituirea ca un complement al termodinamicii clasice, hidrodinamicii şi electrodinamicii. Tratînd problemele în viziunea Termodinamicii proceselor ireversibile, disciplinele citate se integrează unitar într-o viziune conjunctivă, termodinamica clasică limitîndu-se la studierea teoriilor fenomenologice care-i alcătuiau domeniul. În procese cum ar fi însă arderea sau explozia, asemenea fenomene trebuie tratate sub raportul termodinamicii proceselor ireversibile. Pînă în prezent ele subzistau ca obiect de investigare general al fizicii şi chimiei disjuncte organic termodinamicii. Lucrarea recenzată propune nu numai o schimbare de concept privind realizarea unui caracter de studiu unitar şi integrat, ci şi lărgirea structurii de obiecte supuse investigaţiei ştiinţifice, bineînţeles pentru un spaţiu mult mai larg. Lărgirea şi unificarea conceptelor de bază separate ale termodinamicii şi electrodinamicii printr-un complement suplimentar, pot deschide perspective noi pentru investigarea atît a fenomenelor care au fost supuse şi pînă acum examinării ştiinţifice, dar printr-o rigoare mai strîngentă, cît şi a unor fenomene încă necunoscute.

Să ne amintim, pentru susţinerea afirmaţiilor anterioare, de refuzul de accept al „termodinamicii clasice" faţă de fenomenul pus în evidenţă prin pila profesorului Vasilescu-Karpen, care funcţionează separînd un flux de energie fără diferenţă de potenţial, contravenind, aparent, teoriei fenomenologice acceptate prin principiul al doilea al termodinamicii, dar care în esenţă se înscrie şi poate fi explicat azi prin termodinamica proceselor ireversibile.

Pentru a situa termodinamica proceselor ireversibile în teoria cunoaşterii am ţinut să semnalăm cîteva idei conţinute în prefaţa semnată de profesorul I. Prigogine, laureat al premiului Nobel. Citîm: „Este o realitate că la trei secole după Newton ştiinţa a trecut printr-o schimbare radicală de concepţie. Marii întemeietori ai ştiinţei din Vest au accentuat ideea caracterului universal şi statornic al legilor naturii. Ei au făcut totul pentru formularea unor scheme generale, care să coincidă cu definiţii fundamentate raţional. După cum a exprimat concis Isaiah Berlin: „ei au căutat scheme atotcuprinzătoare, scheme care să unifice universul, prin care să se poată arăta că tot ce există poate fi privit ca fiind interconectat sistematic, logic, cauzal, o structură vastă în care nu trebuie să existe lacune deschise unor evoluţii neaşteptate, în care tot ce se întîmplă să fie, cel puţin în principiu, integral explicabil prin legi generale, invariabile. Astăzi sîntem departe de realizarea acestui program. Interesul nostru este orientat din ce în ce mai mult spre sisteme complexe, spre dinamica lor şi spre evoluţia lor temporală". „În consecinţă nu este de mirare că astăzi procesele ireversibile sînt în centrul interesului unei mari părţi a lumii ştiinţifice. Ideile de neliniaritate, instabilitate, fluctuaţie, difuzează într-o sferă largă a gîndirii ştiinţifice şi chiar sociale".

Ce s-ar putea adăuga? Că ştiinţa, ca şi societatea a fost obligată să accepte ideea de revoluţie ca fiindu-i necesară, drept o condiţie intrinsecă de evoluţie şi progres.

Am precizat, deci, cadrul de situare în contextul global al teoriilor fizicii cu care termodinamica proceselor ireversibile se conexează; rămîn de definit în continuare, coordonatele de acţiune ale domeniului, explorarea de stadiu şi nivelul la care se înscrie şi reclamă apartenenţa faţă de ecuaţiile fizicii matematice. Autorii îşi definesc teoria drept o teorie de cîmp, parametrii de stare ai sistemului se consideră că prezintă o variaţie continuă în raport de spaţiu şi timp. Ca şi în termodinamica clasică se reţine tendinţa spre reperul de echilibru pentru descrierea sistemului, pînă la această fază fiind necesară şi o descriere locală a stării fiecărui punct al sistemului în evoluţia care urmează să se stabilizeze în starea de echilibru termodinamic, la care se consideră că toţi parametrii ating valorile considerate de regim staţionar, transformările luate în considerare avînd un caracter cvasistatic şi fiind reprezentate de familii continue de stări de echilibru. Astfel, dacă se consideră operarea cu un sistem în echilibru termodinamic, într-o formă iniţială *i*, iar ca rezultat al unor modificări datorită condiţiilor externe de interacţie are loc o evoluţie spre o stare finală *f*, definită tot de echilibru, procesul desfăşurărat între cele două stări de echilibru este definit ca ireversibil. Condiţia de ireversibilitate în evoluţia unui sistem se consideră întrunită atît prin contribuţia externă de interacţie a unor cîmpuri, cît şi de neuniformităţile unor parametri de stare locală (temperatură, presiune, concentraţie, polarizare electrică, magnetizare, potenţial chimic etc.).

Aşa cum precizează şi autorii, ideea de ireversibilitate în termodinamică a avut precursori încă de la jumătatea secolului al XIX-lea; o caracterizare a sistemelor ireversibile se datoreşte lui Clausius, prin introducerea noţiunii de căldură necompensată ca măsură a ireversibilităţii fizico-chimice. Eficiente pentru probarea ireversibilităţii sînt fenomene descoperite în veacul trecut, cum ar fi efectul Peltier şi efectul Thomson, acesta din urmă precizînd şi relaţiile matematice cantitative între parametrii care le descriu. Au urmat încercările de caracterizare a variaţiei locale de entropie cu timpul, în sisteme neuniforme propunîndu-se combinarea principiului al doilea al termodinamicii cu legile de conservare a masei, momentului cinetic şi energiei. Se reţine în aceeaşi tentativă şi contribuţia lui De Donder în corelarea căldurii necompensate a reacţiilor chimice cu „afinitatea chimică" şi reformularea legilor termodinamicii pentru procese ireversibile.

În aceeaşi ordine de idei, renunţarea la conceptul de omogenitate globală a spaţiului şi adoptarea transformărilor

lui Lorenz pentru relativitatea restrînsă și a transformărilor lui Riemann pentru relativitatea generală în opera lui Albert Einstein, rezidă în fapt tot din conceptul, aprioric intuit, de ireversibilitate. În dezvoltarea termodinamicii proceselor ireversibile se remarcă, în evoluția spre un domeniu definit, contribuțiile lui Meissner și Prigogine. „Termodinamica neliniară", subsumată termodinamicii proceselor ireversibile, are la bază principiul lui Prigogine și Glansdorff, conturînd o teorie fenomenologică a proceselor de neechilibru (ireversibile).

Prin cartea semnată de Rodica Vîlcu și Al. Dobrescu cititorului român i se oferă o lucrare de sinteză, concepută organic pentru descrierea și explicarea fenomenelor fizice care se înțeleg mai complet prin integrarea lor în conceptul ternodinamicii proceselor ireversibile într-un consens mai larg, cauză și efect, decît se făcea pînă acum în termodinamică, hidrodinamică și electrodinamică.

„Termodinamica proceselor ireversibile" este structurată corelat într-o coerență de succesiune logică în unsprezece capitole, și anume : 1 — Noțiuni fundamentale în termodinamică. 2 — Legi de conservare 3 — Principiul al II-lea al termodinamicii. 4 — Bilanțuri. 5 — Ecuații fenomenologice. 6 — Fluxuri și eterogeneități în sisteme biologice. 7 — Regim staționar. 8 — Fenomene de transport în sisteme omogene. 9 — Fenomene de transport în sisteme eterogene. 10 — Fenomene termoelectrice și electrocinetice. 11 — Termodinamica neliniară.

Pentru înțelegerea sau rememorarea instrumentului matematic utilizat, în apendice se oferă șapte anexe ordonate după cum urmează : I. Gradul de avansare al unei reacții chimice. II. Matrice și operații cu matrice. III. Spațiul R^n. Noțiunea de spațiu vectorial. IV. Mărimi matematice și mărimi fizice. V. Elemente de analiză vectorială. VI. Calculul tensorial. VII. Ecuații fenomenologice aplicate în studiul regimului staționar.

Pentru epoca de așteptare în care ne aflăm în vederea apariției calculatorului de generația a cincea, avînd inteligență artificială incorporată, eveniment care ar putea ajunge în stadiu operațional la sfîrșitul acestui deceniu, după aprecieri probabile, destul de realiste, aprofundarea sistemică a noțiunilor și operațiilor din domeniul termodinamicii proceselor ireversibile se impune cu o deosebită stringență. În contextul unei reconsiderări de fond a preciziei cu care s-a lucrat pînă acum în termodinamică și a spațiului de investigare cu domenii devenite strict conexe termodinamicii, ca hidrodinamica și electrodinamica, în această nouă viziune pentru care pledăm, asimilarea și aprofundarea noilor criterii în dezvoltarea cunoașterii în fizică și implementul în aplicații tehnologice avînd drept scop să reevalueze aspectele de nelinearitate, fluctuații și instabilitate, se impun efectiv. Pe de altă parte, organizarea de informație pentru domeniul discutat considerăm că se cere statuată chiar în programele de învățămînt pentru facultățile energetice, atît de electroenergetică, cît și de termoenergetică. Discuția pe care o propunem pentru cartea-eveniment prezentată în recenzia de față, ar trebui, poate , reluată în manifestări științifice special dedicate, sesiuni sau simpozioane.

Ing. Al. Forje — cercetător științific pr. la ICEMENERG
Prof. dr. chim. Victoria Bednar și conf. dr. fiz. I. Inta — Universitatea Brașov

Din sumarul revistelor

DIMO, P. Rețelele REI, suport conceptual pentru informatica rețelelor de energie (Les réseaux REI, suport conceptuel pour l'informatique des réseaux d'énergie) Electricité de France — Bulletin de la Direction des Études et Recherches, seria B, nr. 2, 1982.

BAUMANN, E. Efectul sistematic al pierderilor în rețele la transportul energiei electrice — rezultate și obiective (Systematische Einflussnahme auf die Netzverluste beim Elektroenergietransport — Ergebnisse und Aufgaben). Energietechnik, vol. 32, nr. 10, oct. 1982.

MEYE, J. Măsuri de reducere a pierderilor la producerea energiei electrice și termice în centralele țărilor membre CAER (Massnahmen zur Senkung der Verluste bei der Erzeugung von Elektroenergie und Wärme in den Kraftwerken der RGW-Mitgliedsländer). Energietechnik, vol. 32, nr. 10, oct. 1982.

ALM, G. Creșterea eficienței prestațiilor de întreținere prin aplicarea proiectului MKE „Întreținerea" în centralele energetice (Erhöhte Effektivität der Instandhaltungsleistungen durch Nutzung des MKE-Projektes „Instandhaltung" in Kraftwerken). Energietechnik, vol. 32, nr. 10, oct. 1982.

LUDWIG, H. Despre unele tendințe de dezvoltare a automatizării centralelor prin introducerea de tehnologii noi (Zu einigen Entwicklungstendenzen der Kraftwerksautomatisierung durch neue gerätetechnische Möglichkeiten). Energietechnik, vol. 32, nr. 10, oct. 1982.

GIRLICH, E. Eficiența legilor socialiste în promovarea utilizării raționale a energiei în combinate, întreprinderi și instalații (Die Wirksamkeit des sozialistischen Rechts bei der rationellen Energieanwendung durch Kombinate, Betriebe und Einrichtungen). Energietechnik, vol. 32, nr. 10, oct. 1982.

RUELLE, G. și DACIER, J. Raportul de activitate a Comitetului de studii 11. (Mașini rotative) (Rapport d'activité du Comité d'Études 11 (Machines tournantes). Electra, nr. 80, ian. 1982.

GLAVITSCH, H. și MERLIN, A. Raportul de activitate al Comitetului de studii 32 (Exploatarea, comanda și reglarea rețelelor) (Rapport d'activité du Comité d'Études 32 (Exploitation, Commande et Réglage des réseaux)). Electra, nr. 80, ian. 1982.

CORROYER, C. Raportul de activitate al Comitetului de studii 34 (Protecția rețelelor de înaltă tensiune) (Rapport d'activité du Comité d'Études 34 (Protection)). Electra, nr. 80, ian. 1982.

SLAMECKA, E. ș.a. Colocviul Comitetului de studii 13 (Aparatură de comutare) (Colloque du Comité d'Études 13 (Appareillage de Coupure)). Electra, nr. 80, ian. 1982.

PARKMAN, N. Colocviul Comitetului de studii 15 (Materiale izolante) (Colloque du Comité d'Études 15 (Matériaux isolants)). Electra, nr. 80, ian. 1982.

GLEBOV, I. A. și CHUBRAEVA, L. I. Dezvoltarea alternatoarelor supraconductoare în diferite țări (Le développement des cryoalternateurs dans les différents pays). Electra, nr. 80, ian. 1982.

* * * Manșoanele terminale ale turboalternatoarelor. Rezumatul răspunsurilor la un chestionar asupra proprietăților și concepției manșoanelor terminale ale rotoarelor (Les capots d'extrémités des turboalternateurs. Résumé des réponses à un questionnaire sur les propriétés et sur la conception des capots d'extremités des rotors). Electra, nr. 80, ian . 1982.

SLAMECKA, E. și VÖLCKER, O. Raportul de activitate al Comitetului de studii 13 (Aparatură de comutare) (Rapport d'activité du Comité d'Études 13 (Appareillage de coupure)). Electra, nr. 81, mart. 1982.

GAZZANA-PRIAROGGIA, P. și ARRIGHI, R. Raportul de activitate al Comitetului de studii 21 (Cabluri izolate de înaltă tensiune). (Rapport d'activité du Comité d'Études 21 (Câbles isolés à haute tension)). Electra, nr. 81, mart. 1982.

PESONEN, A. J. și BONNARD, G. Rapport de activitate al Comitetului de studii 36 (Perturbații radioelectrice,

perturbații datorate lanțurilor de izolatoare etc.) (Rapport d'activité du Comité d'Études 36 (Perturbations)). Electra, nr. 81, mart. 1982.

* * * Colocviul Comitetului de studii 34 — Protecția ; fiabilitatea sistemelor de protecție și automatizare, practici în diferite țări pentru alegerea și coordonarea sistemelor de protecție ; formarea permanentă a personalului în ceea ce privește tehnicile digitale (Colloque de Madrid du Comité d'Études 34 (Protection)). Electra, nr. 81, mart. 1982.

CALVAER, A. J. ș.a. Probleme de exploatare și de planificare în legătură cu solicitările torsionale în turboalternatoare (Problèmes d'éxploitations et de planification en relation avec les sollicitations torsionnelles dans les turbo-alternateurs). Electra, nr. 81, mart. 1982.

LEPPERS, P. H. și LILIEN, J. L. Comportamentul fasciculelor decuplate. Supraintensități care provoacă contactul și curentul de separare (Le comportement des faisceaux découplés. Surintensités provoquant le contact et courant de séparation). Electra, nr. 81, mart. 1982.

PACÁK, S. și ŠPINDLER, J. Reprezentarea transformatoarelor în rețea prin dipoluri pasive (Vyjádření transformátorů v siti pasívními dvojpóly). Elecktrotechnický Obzor, vol. 72, nr. 3, 1983.

ČEŘOVSKÝ, Z. și VALOUCH, V. Analiza unor caracteristici pentru reglajul acționării cu o mașină asincronă prin intermediul unui microcalculator digital (Rozbor některých vlastností digitální regulace proudu mikropočitačem u pohonu s asynchronním strojem). Elektrotechnický Obzor, vol. 72, nr. 3, 1983.

SZÉKELY, J. Elaborarea unui algoritm pentru determinarea unor ecuații de stare pentru circuite liniare și liniarizate cu elemente redundate și cuplări inductive cu ajutorul calculatorului (Odvodenie algoritmu pre určenie stavových rovníc lineárnych a linearizovaných obvodov s redundantnými prvkami a indukčnými väzbami pomocou samočinného počitača). Elektrotechnický Obzor, vol. 72, nr. 3, 1983.

KŘENEK, P. Dependența conductivității electrice a celulelor cu SF_6 de temperatură și presiune într-un cîmp electric puternic (Závislost elektrické vodivosti SF_6 na teplotě a tlaku v silném elektrickém poli). Elektrotechniký Obzor, vol. 72, nr. 3, 1983.

JAVŮREK, J. HÁJEK, M. Rezultatele măsurătorilor la o acționare cu motor sincron (Výsledky měření na regulovaném pohonu se synchronním motorem). Elektrotechniký Obzor, vol. 72, nr. 3, 1983.

ANGLESIO, P. Caracteristici fundamentale ale arderii emulsiilor de apă-păcură în cuptoare și cazane (Caratteristiche fondamentali della combustione di emulsioni acqua-olio combustibile in generatori di calore). La Termotecnica, vol. 36, nr. 9, sept. 1982.

SCHERER, G. și VECCHI DE, F. Sistem global utilizat la arderea emulsiei apă-păcură (Procedimento total per la combustione di emulsioni olio combustibile-acqua). La Termotecnica, vol. 36, nr. 9, sept. 1982.

MONTI, F. Sistemul de emulsie Agip — Utilizare și performanță în cazanele de încălzire industriale și de uz casnic (Emulsistem Agip — Caratteristiche di impiego e prestazioni in impianti industriali e civili). La Termotecnica, vol. 36, nr. 9, sept. 1982.

PELLÒ, P. M. Producerea termică automată a energiei electrice și producția combinată de energie/căldură în sectorul industrial din Italia ; indicații referitoare la posibilitățile viitoare în contextul utilizării optime a centralelor termice automate al căror scop îl constituie reducerea atît a consumurilor de combustibili, cît și a efectelor negative asupra mediului ambiant ; obstacole actuale (Autoproduzione termica di energia elettrica e produzione combinata energia/calore in Italia nel settore industriale ; indicazioni sulle prospettive future nel contesto di un utilizzo ottimale degli impianti di a autoproduzione termica al fine di minimizzare i consumi di combustibili e le influenze negative sull'ambiente ; vincoli ed ostacoli attuali : II parte). La Termotecnica, vol. 37, nr. 3, martie 1983.

NARDINI, G. V. Evoluții recente la turnurile de răcire (L'evoluzione delle torri di refrigerazione nell'ultimo decennio). La Termotecnica, vol. 37, nr. 3, martie 1983.

BERARDI, P. G. Cîmp termofluidodinamic de absorbție și de emitere a unui fluid care curge pe o placă plană (Campo termofluidodinamico nel moto di fluidi radiativamente assorbenti ed emittenti su lastra piana). La Termotecnica, vol. 37, nr. 3, martie 1983.

HANCOCK, G. Studiu referitor la economia de energie, tratamentele termice, materialele rezistente la căldură, cuptoare (Gli espositori britannici si concentrano sulla produzione dei forni). La Termotecnica, vol. 37, nr. 3, martie 1983.

* * * Montarea cablurilor de branșament subteran (Tirage des câbles de branchement souterrain). Vigilance, nr. 66, oct. 1982.

* * * Protecțiile individuale împotriva riscurilor electrice (Les protections individuelles). Vigilance, nr. 66, oct. 1982.

* * * Radioprotecția. O formație multiplicată prin 4 (Radioprotection. Une formation multipliée par 4) Vigilance, nr. 66, oct. 1982.

* * * Aprofundarea analizei cauzelor accidentelor (Approfondissement de l'analyse des causes des accidents). Vigilance, nr. 67, febr. 1983.

* * * Evoluția mijloacelor matériale de prévenire (Evolution des moyens matériels de prévention). Vigilance, nr. 67, febr. 1983.

Condiții pentru prezentarea articolelor la revista „Energetica"

1. Articolul să aibă maximum 12 pagini — excepțional 15 pagini — de 2000 semne (format DIN A4, la 2 rînduri).

2. Textul articolului se dactilografiază pe o singură față a hîrtiei; formulele se scriu clar cu simboluri STAS, se numerotează și se înscriu între paranteze rotunde; indicațiile bibliografice se înscriu între paranteze drepte.

3. Figurile se prezintă în tuș pe calc și o copie xerox; figurile foto trebuie să fie clare și cu contrast pronunțat.

4. În textul articolului se indică locul tabelelor și figurilor.

5. Bibliografia se prezintă în conformitate cu STAS:

— Pentru cărți: numele autorului, inițiala prenumelui, titlul cărții (la cele străine, titlul în original), editura, orașul, anul.

— Pentru articole: numele autorului, inițiala prenumelui, titlul (la cele străine, titlul în original), titlul periodicului, tonul, anul, pagina.

6. Tabelele, borderourile figurilor și bibliografia se dactilografiază pe foi separate.

7. Titlul și textul articolului trebuie să fie clare și concise.

8. Articolul trebuie să fie sistematizat; este obligatorie folosirea de subtitluri cu defalcări chiar pînă la ordinul al treilea; pentru numerotare se va folosi sistemul zecimal (cifre arabe).

9. Articolul se prezintă în conformitate cu următoarea schemă principială: *introducere* (problematica, oportunitatea articolului), *analiză bibiografică* (stadiul problemei, preocupări în lume), *teoria* (fizic și matematic), *practica* (industrială, experimente de laborator), *comparația teoriei cu practica*, *concluzii*, *utilizarea rezultatelor*.

10. Articolul va fi însoțit de un rezumat de 150 cuvinte într-o limbă străină de circulație mondială, la alegerea autorului.

11. Pentru articolele deosebite, redacția va solicita ulterior autorilor respectivi scurte prezentări de 1000 cuvinte, în vederea publicării lor simultan în limba engleză.

12. Autorii garantează și răspund de corectitudinea științifică a articolelor; redactarea trebuie să respecte regulile stabilite de Academia R.S.R.

13. Corecturile se vor face de către autori în conformitate cu regulile tipografice sau se dau indicații pe foi separate.

14. Articolele primite la redacție nu se înapoiază.

15. Materialele se predau în două exemplare.

16. Articolele se trimit numai semnate de autori; se vor indica titlurile autorilor și locurile de muncă.

17. Pentru articolele în legătură cu activitatea de serviciu trebuie să se prezinte aprobarea de publicare din partea conducerii unităților respective.

18. Articolele se trimit la redacția revistei ENERGETICA pe următoarea adresă:

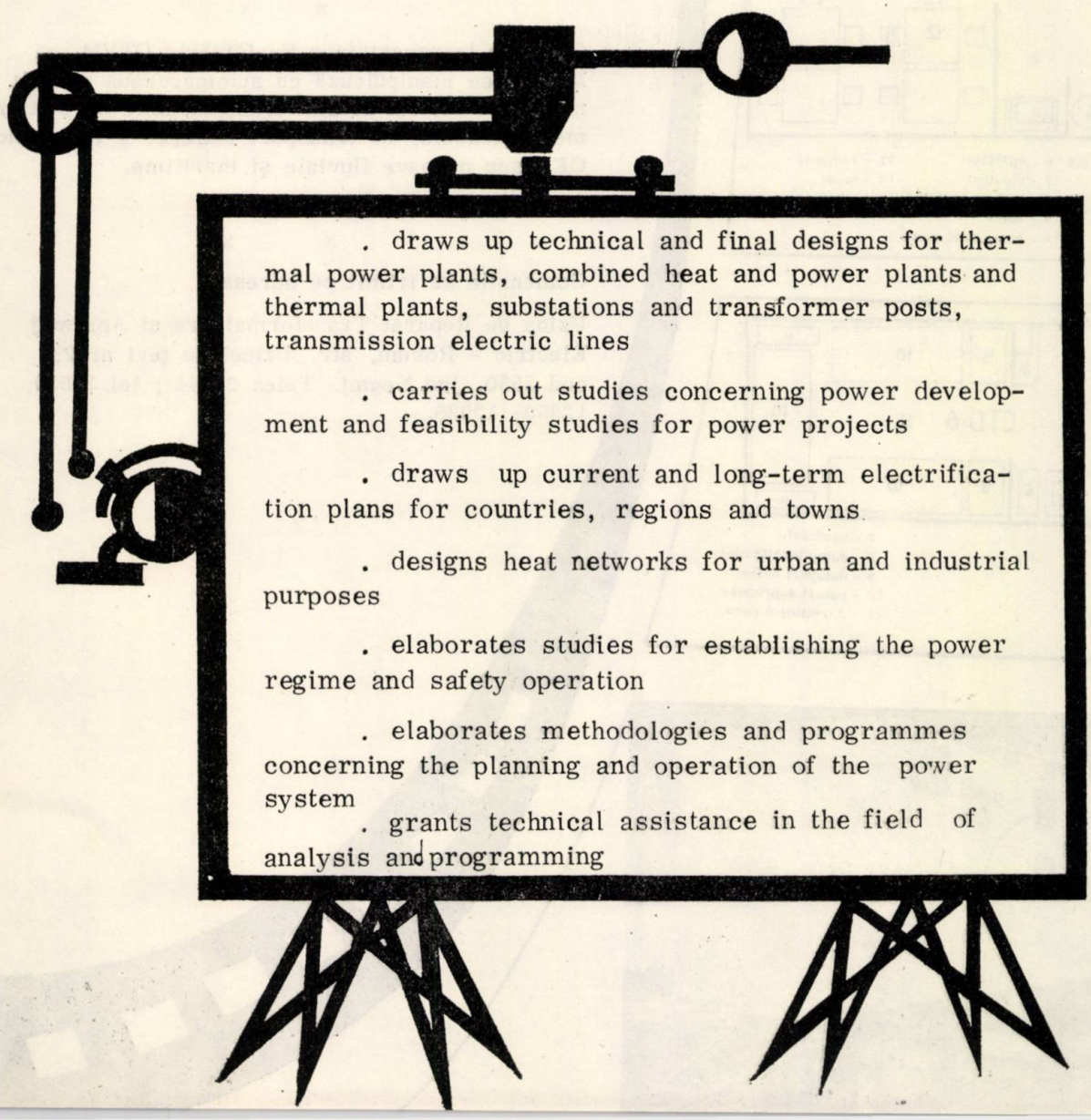
Revista Energetica
ICEMENERG
Bd. Energeticienilor nr. 8
74568 București, Sector 3

19. Informații suplimentare se pot cere la telefon: 20.67.30/int. 235

ISPE
MINISTERUL ENERGIEI ELECTRICE
INSTITUTUL DE STUDII ŞI PROIECTĂRI ENERGETICE
BUCUREŞTI 30 • BD. LACUL TEI NR.1 • SECTOR 2
TELEGRAME I.S.P.E. - BUC. TELEX 10.978 - TELEFON 12.19.70

The Institute for Power Studies and designs, the specialized body of the Ministry of Electric Energy carries out studies and designs required for the development and for the economic and safety operation of the national power system:

. cooperates with foreign firms and organizations for specialized works and gives, on demand, all kind of engineering assistance in the power field



. draws up technical and final designs for thermal power plants, combined heat and power plants and thermal plants, substations and transformer posts, transmission electric lines

. carries out studies concerning power development and feasibility studies for power projects

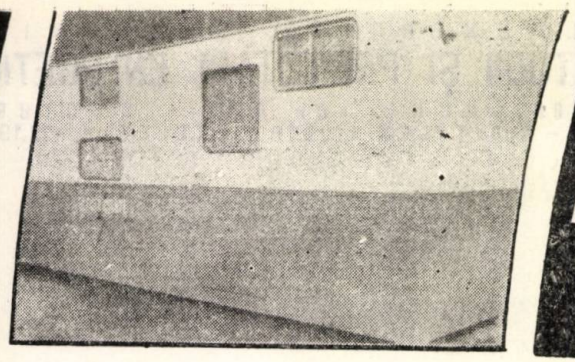
. draws up current and long-term electrification plans for countries, regions and towns

. designs heat networks for urban and industrial purposes

. elaborates studies for establishing the power regime and safety operation

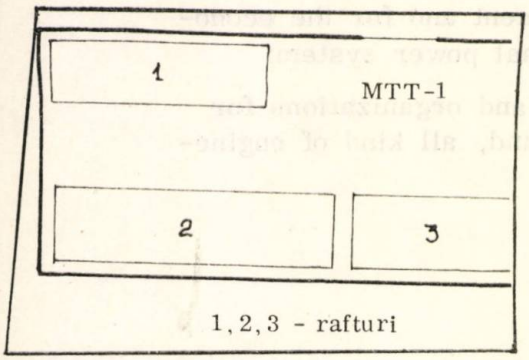
. elaborates methodologies and programmes concerning the planning and operation of the power system

. grants technical assistance in the field of analysis and programming

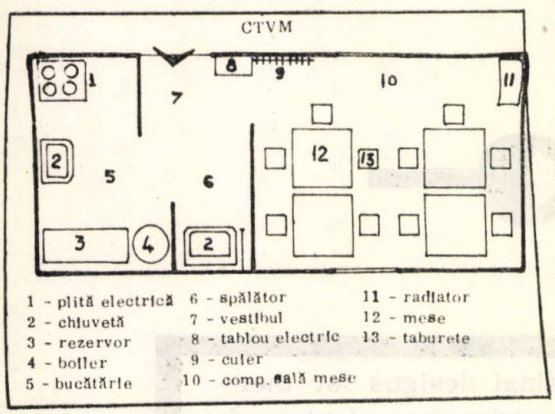


CIRE-URTAE-ROMAN

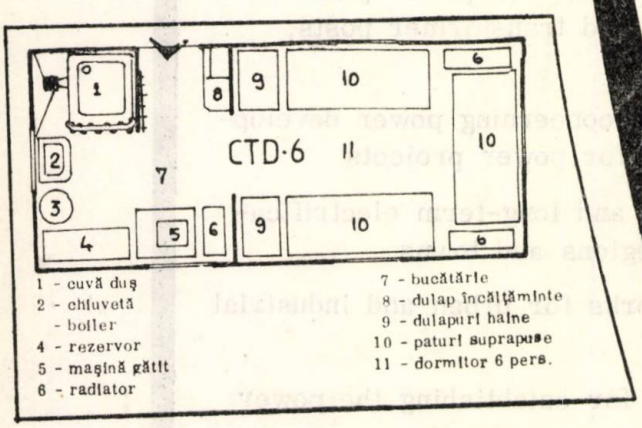
UZINA DE REPARAT TRANSFORMATOARE SI APARATAJ ELECTRIC - ROMAN



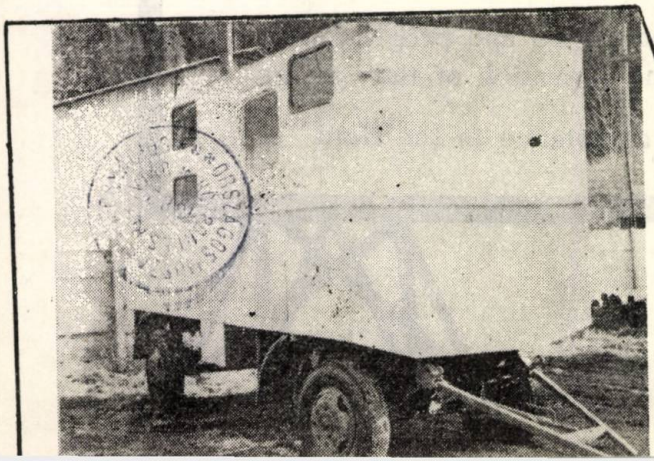
1, 2, 3 - rafturi



1 - plită electrică
2 - chiuvetă
3 - rezervor
4 - boiler
5 - bucătărie
6 - spălător
7 - vestibul
8 - tablou electric
9 - cuier
10 - comp. sală mese
11 - radiator
12 - mese
13 - taburete



1 - cuvă duş
2 - chiuvetă
- boiler
4 - rezervor
5 - maşină gătit
6 - radiator
7 - bucătărie
8 - dulap încălţăminte
9 - dulapuri haine
10 - paturi suprapuse
11 - dormitor 6 pers.



Execută :

- Magazii transcontainer transportabile tip MTT-1 destinate păstrării materialelor şi pieselor necesare desfăşurării unor lucrări în locuri şi pe trasee izolate de aşezările omeneşti.
- Căsuţe transcontainer dormitor de şase persoane tip CTD-6 ; căsuţe transcontainer vestiar-sală de mese tip CTVM, înzestrate cu instalaţii de alimentare cu apă potabilă şi de încălzire a apei potabile şi a spaţiului utilizabil, cu instalaţii de ventilaţie naturală şi de iluminat la 12 V şi de forţă la 220 V.

x
x x

Căsuţele transcontainer tip CTD-6, CTVM şi MTT-1 se manipulează cu automacaraua sau alt mijloc de ridicat şi sînt transportabile pe platforma mijloacelor de transport rutiere, a vagoanelor CFR sau pe nave fluviale şi maritime.

x
x x

Comenzile se trimit pe adresa :

Uzina de Reparat Transformatoare şi Aparataj Electric - Roman, str. Uzinei de ţevi nr. 2, cod 5550, jud. Neamţ. Telex 21244 ; tel. 12539, 12350, 13935.

CIRE-UARMT-CIMPINA

STR.FLAMUREI NR.26 - JUD.PRAHOVA

EXECUTĂ SI LIVREAZĂ

cabină montată pe remorcă cu două axe

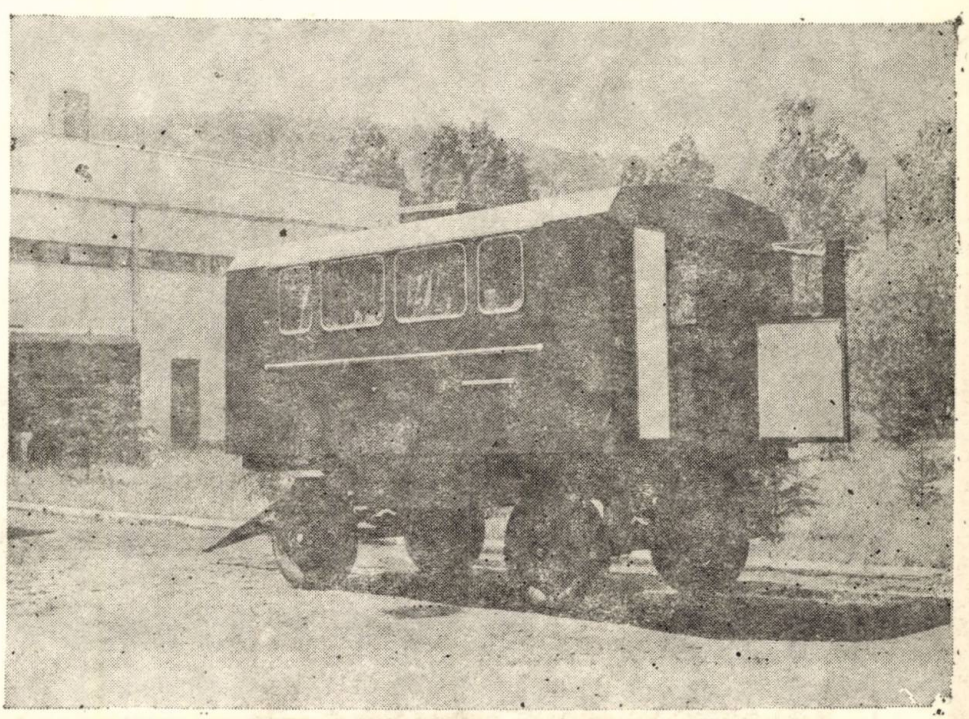
Date generale

Produsul este obţinut prin echiparea remorcii auto tip 2R 5A, cu o cabină metalică, cu acces pe la partea din spate, putînd avea diferite destinaţii, funcţie de dotarea ei, cum sînt : atelier mecanic ; dormitor ; transport combinat (muncitori + materiale) ; laborator diverse activităţi ; transport muncitori ; birou şef punct de lucru ; sală de mese.

Preţul informativ al unei cabine montată pe remorcă cu două axe este de 76.500 lei.

Caracteristici tehnice principale

- şasiu - remorcă auto 5 tone, tip 2R 5A ;
- ampatament mm 2940 ;
- ecartament mm 1750 ;
- gardă la sol transversală mm 390 ;
- gardă la sol longitudinală mm 475 ;
- dimensiuni interioare ale cabinei : lungime 4400 mm ; lăţime 2300 mm ; înălţime 1950 mm.



Trustul de Construcţii Hidroenergetice BUCUREŞTI

TCH

1984 JAN 0 5

A. EXECUTAT

61 BARAJE de următoarele tipuri :

39 DE GREUTATE DIN BETON

. BICAZ H = 127 m ; volum beton = 1,6 mil m^3

13 DE BETON IN ARC

. VIDRARU H = 166,6 m ; volum beton = 480 mii m^3

3 DE BETON CU CONTRAFORTI

. POIANA UZULUI h = 80,5 m ; volum beton = 720 mii m^3

6 DE ANROCAMENTE

. VIDRA H = 121 m ; volum anrocamente = 3,5 mil m^3

59 CENTRALE HIDROELECTRICE de tipul :

5 SUBTERANE

. LOTRU CIUNGET, P_i = 510 MW

24 BARAJE

. PORTILE DE FIER I, P_i = 1050 MW (partea Română)

23 DE DERIVATIE

. BICAZ, P_i = 210 MW

7 LA PICIORUL BARAJULUI

. TARNITA, P_i = 45 MW

E.2039

Victor
(Energia)

R

MW

9

REFERAT

energetica

VOLUMUL XXXI
BUCUREŞTI
SEPTEMBRIE 1983

0 6 12 18 24

ICEMENERG

INSTITUTUL DE CERCETĂRI
ŞI MODERNIZĂRI ENERGETICE

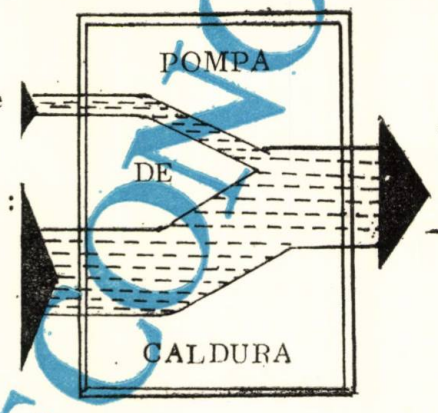
BUCUREŞTI Sect. III • B-dul ENERGETICIENILOR, 8 • Tel. 21.46.30

energia risipita în procese termice poate fi transformata în:

- ECONOMIE DE COMBUSTIBIL
- AVANTAJE ECONOMICE
- SUBSTITUIRI DE HIDROCARBURI
- REDUCERI ALE POLUARII

utilizînd

POMPE DE CALDURA



Energie de antrenare

Surse reziduale valorificabile :
- ape industriale de răcire
- ape tehnologice evacuate
- ape geotermale uzate
- aer viciat evacuat

Utilizări :
- apă caldă (55°C)
- încălzirea clădirilor (80°C)

Capacităţi unitare ale pompelor de căldură :

0, 03 ; 0, 1; 0, 2; 0, 315; 0, 63; 2, 5; 5, 0 Gcal/h, în fabricaţie de serie la (TEHNOFRIG CLUJ-NAPOCA)

6, 3 Gcal/h, cu turbocompresor, în curs de asimilare.

NOU! ECONOMIC! EFICIENT!

Secţia de Tehnologii pentru Conversia surselor Revalorificabile şi Refolosibile execută pentru dumneavoastră :

I nventarierea şi evaluarea potenţialului surselor valorificabile şi a utilizatorilor.

C ercetări pentru concepţia soluţiilor de schemă în cazuri concrete de aplicare.

E laborarea studiilor de oportunitate pentru situaţiile concrete de aplicare.

M odele şi tehnologii de calcul pentru optimizarea funcţionării instalaţiilor.

E xpertize şi asistenţă tehnică în fazele de proiectare-realizare a instalaţiilor.

N ormative şi prescripţii tehnice pentru proiectarea şi exploatarea instalaţiilor.

E xperimentări şi măsurători pentru verificarea performanţelor instalaţiilor realizate.

R aţionalizări prin stabilirea regimurilor optime de exploatare a instalaţiilor.

G ame diversificate de consultaţii tehnice legate de aplicarea acestei tehnologii.

ENERGETICA

ORGAN AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ŞI AL CONSILIULUI NAŢIONAL AL INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN REPUBLICA SOCIALISTĂ ROMÂNIA

SUB ÎNDRUMAREA CONSILIULUI ŞTIINŢIFIC AL INSTITUTULUI CENTRAL DE CERCETĂRI ENERGETICE

COLEGIUL DE REDACŢIE

Dr. ing. **Gh. Bălan** (redactor responsabil adjunct)
Ing. **P. Cartianu**
Ing. **L. Cernuşen**
Ing. **M. M.Dăncilă**
Ing. **H. Furtunescu**
Ing. **N. Georgian**
Dr. ing. **Gh. Luca**
Dr. chim. **Maria Maftei**
Dr. ing. **G. Manolescu**
Ing. **B. Marcu**
Ing. **I. Măiereanu** (redactor responsabil adjunct)
Dr. ing. **Călin Mihăil[illegible]u** (redactor responsabil)
Prof. dr. doc. **V. I. Nitu**
Dr. ing. **E. Pavel**
Dr. ing. **T. Popa**
Dr. ing. **C. I. Staicu** (secretar redacţie)

Revista „Energetica" este publicaţie lunară devotată preocupărilor spirituale şi realizărilor materiale în domeniul energeticii.

Redacţia şi administraţia: Bucureşti 74 568, Bd. Energeticienilor, nr. 8, sector 3.
Telefon: 20 67 30 21 46 30

ANUL 31 **9** SEPTEMBRIE 1983

Cuprinsul

Pag.

ARTICOLE

C. Buzatu: **Optimizarea parametrilor regimului de aşchiere la prelucrările prin strunjire din punctul de vedere al consumului minim de energie electrică** 379—384

I. Nicolau: **Îmbunătăţiri la instalaţia de ulei a turbinelor cu abur de 3....12 MW** 384—386

Gh. Chercea, A. Roşu, I. Dănilă: **Grătarul de postardere basculant— — soluţie eficientă pentru mărirea randamentului cazanelor de abur care funcţionează cu lignit** (cu prezentare în limba engleză) 386—394

H. Cristea, L. Bilegan: **Identificarea modelului sistemului de reglare automată a excitaţiei din răspunsul indicial** 395—399

A. Nabijovici: **Sisteme de răcire uscată şi sisteme de răcire de vîrf aplicate în centralele termoelectrice** 400—409

Vl. Nicu: **Influenţe ale turbopompei de alimentare asupra consumului de căldură al ciclului termic** 410—412

D. Zlatanovici: **Metodă experimentală directă pentru determinarea solicitărilor termice şi magnetice în dintele frontal statoric la generatoarele aflate în exploatare** 412—417

NOUTĂŢI TEHNICO — ŞTIINŢIFICE 417—419

CRONICĂ 419—421

RECENZIE 422

Revista „Energetica" este editată cu concursul permanent dat de:

chim. **Eleonora Ataman**
dr. ing. **J. Constantinescu**
ing. **Ana Dobre**
ing. **T. Dragomir**
ing. **Angela Perea**
dr. ing. **M. Pomârleanu**
dr. ing. **Gh. Popa**
ing. **A. Roșu**
ing. **V. Rugină**
ing. **I. Turcu**

În revista „Energetica" se publică:

Articole

Informații referitoare la: publicații recente (cărți, reviste), noutăți științifice și tehnice, invenții și inovații, experiență de exploatare, realizări tehnice remarcabile, manifestări tehnico-științifice naționale și internaționale (congrese, conferințe, simpozioane), titluri de articole de specialitate din alte reviste.

Materiale diverse: cronici, recenzii, discuții la articolele publicate, puncte de vedere ale autorilor, concluziile discuțiilor în jurul meselor rotunde.

Revista „Energetica" este editată și administrată de Institutul de cercetări și modernizări energetice — ICEMENERG

M. David — șeful Oficiului de informare documentară pentru energetică

Ana Maria Chivu — redactor

Instituțiile pot achita abonamentele în contul de virament nr. 30.11.8.01.01. — BN R.S.R. Fil. Sector 3. Costul unui abonament: 144 lei anual; costul unui exemplar: 12 lei.

Cititorii din străinătate se pot abona la: ILEXIM. Departamentul Export-Import Presă, P.O. Box 136—137, telex: 11226. București, str. 30 Decembrie nr. 3.

Tiparul: Întreprinderea poligrafică „Informația", București, str. Brezoianu 23—25 c. 1501

ANNOUNCEMENTS FOR READERS ABROAD

- The review „Energetica" can send on request from publications abroad reports translated in one of the worldwide spoken languages.
- The review „Energetica" proposes a publication exchange with similar reviews and in relating fields.
- The review „Energetica" provides and publishes or introduces books on energy received at the editorial office. Reviews and presentations of books sent on this purpose to the editorial office can be published as well.
- The review „Energetica" publishes on request from authors abroad reports on energy or other materials: technical and scientific news, inventions-innovations, information about technical and scientific symposia etc. written in one of the worldwide spoken languages.

СОДЕРЖАНИЕ

К. Бузату: **Оптимизация параметров режима резания при обточке, с точки зрения минимального расхода электроэнергии** 379—384

И. Николау: **Усовершенствование маслянной установки паровых турбин 3 ... 12 МВт** 384—386

Г. Керча, А. Рошу, И. Дэнилэ: **Качающаяся колосниковая решётка зажигания — эффективный метод повышения к.п.д. котлов, сжигающих бурый уголь** (с зложением на английском языке) 386—394

Х. Кристя, Л. Бьеган: **Определение системы автоматического регулирования возбуждения на основе показательного ответа** 395—399

Ж. Набижович: **Системы сухого охлаждения и системы пикового охлаждения, применяемые на теплоэлектростанциях** 400—409

Вл. Нику: **Влияние питательного турбонасоса на потребление тепла теплового цикла** 410—412

Д. Златанович: **Прямой экеспериментальный метод определения тепловых и магнитных нагрузок в статорном фронтальном зубе генераторов, находящихся в эксплуатации.** 412—417

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ НОВОСТИ 417—419

ХРОНИКА 419—421

РЕЦЕНЗИИ 422

INHALTSVERSZEICHNIS

C. Buzatu: **Die Optimierung der Spannzustandskennwerte für Drechselarbeiten aus dem Gesichtspunkt des minimalen Elektroenergieverbrauchs** 379—384

I. Nicolau: **Verbesserungen der Öldruckanlage der 3...12 MW Dampfturbinen** 384—386

Gh. Chercea, A. Roşu, I. Dănilă: **Der Nachbrennkipprost — eine wirksame Lösung zur Leistungserhöhung lignitbefeuerter Dampfkessel** (mit einer Kurzfassung in Englisch) 386—394

H. Cristea, L. Bilegan: **Identifizierung der Modelle eines automatischen Erregungsregelungssystems aus dem Antwortwert** 395—399

A. Nabijovici: **Trockene Kühlsysteme und gemischte Kühlsysteme für Wärmekraftwerke** 400—409

Vl. Nicu: **Einflüsse der Speiseturbopumpe auf den Wärmeverbrauch des Wärmekreislaufs** 410—412

D. Zlatanovici: **Direkte experimentelle Methode zur Bestimmung der thermischen und magnetischen Beanspruchungen in dem frontalen statorischen Zahn bei in Betrieb sich befindenden Generatoren** 412—417

WISSENSCHAFTLICH — TECHNISCHE NEUIGKEITEN 417—419

CHRONIK 419—421

REZENSION 422

SOMMAIRE

C. Buzatu: **Optimisation des paramètres du régime de la coupe à l'usinage des copeaux du point de vue de la consommation minimum d'énergie** 379—384

I. Nicolau: **Améliorations à l'installation de l'huile des turbines à vapeurs de 3...12 MW** 384—386

C. Chercea, A. Roşu, I. Dănilă: **Grille basculante de postcombustion-une solution efficace qui contribue à l'augmentation du rendement des chaudières à vapeurs qui fonctionnent à lignite** (á présentation en anglais) 386—394

H. Cristea, L. Bilegan: **Identification du modèle du système de réglage automatique de l'excitation de la réponse indicielle** 395—399

A. Nabijovici: **Système de refroidissement séc et systèmes de refroidissement de pointe appliqués dans les centrales thermoélectriques** 400—409

Vl. Nicu: **Influences de la turbopompe d'alimentation sur la consommation de chaleur du cycle thermique** 410—412

D. Zlatanovici: **Méthode expérimentale directe pour déterminer les sollicitations thermiques et magnétiques dans la dent frontale statorique aux générateurs déjà en exploitation** 412—417

NOUVEAUTES TECHNICO-SCIENTIFIQUES 417—419

CHRONIQUE 419—421

COMPTE-RENDUS 422

SUMMARIES

DC 621.91.07 : 66.012.3

C. Buzatu: **Optimizing Turning Cutting Parameters by Minimizing Electric Energy Consumption**

The paper presents the mathematic model for the electric energy consumption function and its restrictions for turning, to optimize cutting parameters. The algorithm to solve the mathematic model using a graph method is presented in the same way. The optimizing model is useful for some other cutting operations as well.

Energetica, 31 (1983), nr. 9, p. 379—384

DC 621.165 : 621.315.615.2.002.5

I. Nicolau : **Improvements of the Lubricating System of 3...12 MW Steam Turbines**

The 3...12 MW steam turbine oil unit is analysed, to emphasize the functional and power optimum in order to propose efficiency and operation increasing steps.

Energetica 31 (1983), nr. 9, p. 384—386

DC 621.1.01 : 621.311.18 ; 621.181.7

Gh. Chercea, A. Roşu, I. Dănilă : **The After-Burning Tiltable Grate — An Optimal Solution for the Lignite Fuelled Steam Boilers Efficiency Increase**

The most efficient solution to decrease heat losses by an incomplete burning of mechanic parts at lignite fuelled steam boilers is the after-burning grate. The efficiency of this installation is outlined mainly by the increase of the burning stability followed by the reduction of the hydrocarbons consumption used as a burning support. The paper presents the testing results with the first after-burning tiltable grate operating in our country with the 645 t/h boilers from the thermal power plant Rovinari.

Energetica 31 (1983), nr. 9, p. 386—394

DC 621.311 : 621.3.52

H. Cristea, L. Bilegan : **Identification of the Model for an Automatic Excitation Control System from the Indicial Response**

The automatic excitation control system models identification can be performed on the basis of the analysis of the input-output relation and of the physical system properties : its structure and parameters.

In the first part the output signal y(t) evolution is determined depending on the time development of the input signal u(i) and on the physical properties of the system. The direct experiment within a process or on a model is used due to the absence of some explicit analytical relations.

The second stage is that of the processing of experimental (response) results by the structure and parameter identification. The mathematical processing of the indicial response in order to obtain the transfer function for the automatic excitation control system applies a methodology which introduces for the case dealt with in the paper, some acceptable errors between the response on the model and on the experimental one.

Energetica 31 (1983), nr. 9, p. 395—399

DC 621.311.22/23 : 621—71

A. Nabijovici : **Dry Cooling Systems and Peak Cooling Systems within Thermal Power Plants**

The present article shows the main possibilities and the dry cooling diagram of the steam turbines condensers, making at the same time a qualitative analysis of these diagrams, underlining the cases when these ones are recommended to be used. Analysis is comparatively made both between different air cooling diagrams and the mixed or wet cooling tower system and is completed by applying it to a 150 MW unit.

Energetica 31 (1981), nr. 9, p. 400—409

DC 621.181.63 :66.102.3

Vl. Nicu : **The Influence of the Supply Turbopump on the Heat Consumption of the Thermal Cycle**

The author analyzes some influences of the use of the supply turbopump on the thermal cycle heat consumption giving a calculation example as well.

Energetica 31 (1983), nr. 9, p. 410—412

DC 621.313.12.004.1

D. Zlatanovici : **Direct Experimental Method for Determining Thermal and Magnetic Stresses at the Frontal Stator Tooth of Generators in Operation**

The presented method has three work stages : mounting of temperature and inductancies measuring transducers on the accessible sides of the frontal stator tooth (the frontal side, the side facing the air gap and the one facing the radial ventilation channel), the measuring of these values at different active and reactive loads, the generator being connected to the system and using these values as initial data, the calculation of the inductancies, losses and temperatures inside the tooth.

The measurement transducers are copper-constantan thermocouples for temperature and probe minicoils for inductancies. The transducers fixed on support sockets are introduced into the spaces around the frontal tooth. The connection wires end in a special coupling towards the outside which is absolutely hydrogen leakage proof.

The inductancies, losses and temperature calculation for the inside of the frontal tooth neglects the lateral dispersion flows and the tooth width variation of local values ; an exponential variation of the axial inductancy from the front face towards the side facing the radial ventilation channel is considered.

The method, as a whole, enables the obtaining of some quite precise results, the error being of maximum 10 %.

The model has been checked on an electromagnetic trapezoidal tooth model and has been used so far with 9 generators of the national power system, for the operative detection of the thermal operation limits during a long-duration underexcitation regime.

Energetica 31 (1983), nr. 9, p. 412—417

TECHNICAL AND SCIENTIFIC NEWS 417—419

CHRONICS 419—421

REVIEW 422

Optimizarea parametrilor regimului de așchiere la prelucrările prin strunjire din punctul de vedere al consumului minim de energie electrică

Dr. ing. C. Buzatu*)

1. Introducere

În proiectarea proceselor tehnologice de prelucrare a pieselor pe mașinile unelte așchietoare, o importanță deosebită o prezintă determinarea parametrilor regimului de așchiere. Eficiența oricărui proces tehnologic depinde în foarte mare măsură de regimul de așchiere „adoptat".

Optimizarea proiectării proceselor tehnologice (în cadrul căreia una din etapele de bază o constituie determinarea parametrilor optimi ai regimului de așchiere), în condițiile creșterii complexității activității economice, determinată de multitudinea de factori de care trebuie să se țină cont, reclamă cu necesitate crearea unor modele matematice, care, pe de o parte, trebuie să descrie criteriul de optimizare adoptat, iar, pe de altă parte, trebuie să aibă în vedere condițiile concrete tehnico-economice în care urmează să se desfășoare procesul tehnologic respectiv.

Dacă pînă nu de mult, criteriile cele mai importante pe baza cărora se determinau parametrii optimi ai regimului de așchiere erau criteriul productivității maxime (sau timpului minim de prelucrare) și criteriul costului minim al prelucrării, în ultima perioadă în legătură cu tendința, pe plan mondial, precum și la noi în țară, de folosire rațională și economisire a energiei, se impune ca o necesitate obiectivă stabilirea unor metode de lucru științifice, care să corespundă acestui deziderat.

Pe această linie se înscrie și lucrarea de față, care, folosind metoda programării matematice de optimizare a parametrilor regimului de așchiere, prezintă modelul matematic și algoritmul de calcul al acestuia la strunjire, ca operație cu ponderea cea mai mare [1] în cadrul prelucrărilor prin așchiere.

2. Rezultate experimentale comparative privind consumul de energie electrică la prelucrările prin strunjire

Pentru a pune în evidență influența diferitelor valori ale parametrilor regimului de așchiere asupra consumului de energie electrică, au fost efectuate o serie de încercări experimentale la prelucrarea prin strunjire a unui oțel OLC 45 pe un strung tip SH 320 ×1000, echipat cu un motor electric de acționare cu puterea nominală P = 7,5 kW [2].

Rezultatele experimentale obținute sînt prezentate în figurile 1, 2 și 3.

Se poate observa din studiul acestor diagrame experimentale, că, deși consumul de

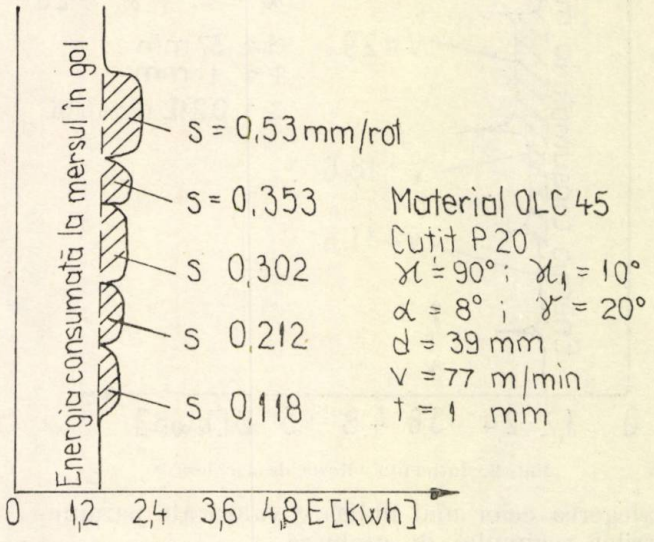


Fig. 1. Influența avansului, s.

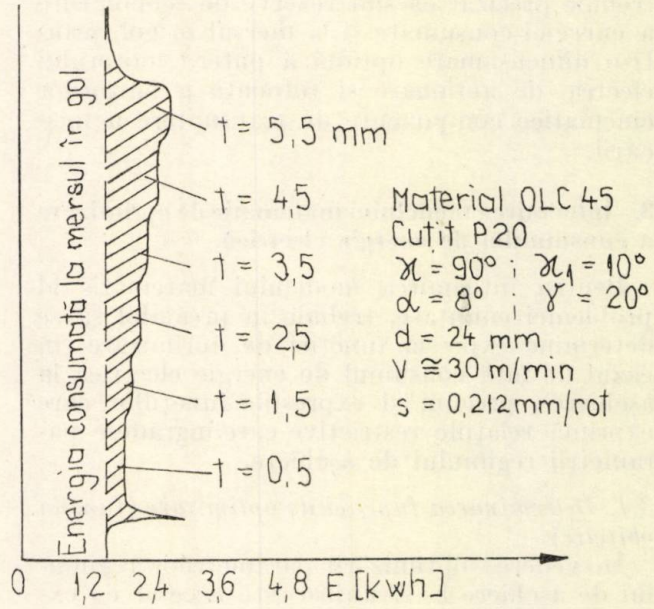


Fig. 2. Influența adîncimii de așchiere, t.

*) Dr. ing. C. Buzatu este șef de lucrări la Universitatea Brașov.

energie electrică la aşchiere este mult mai mic decît cel necesar la mersul în gol, se pot obţine economii însemnate de energie electrică prin

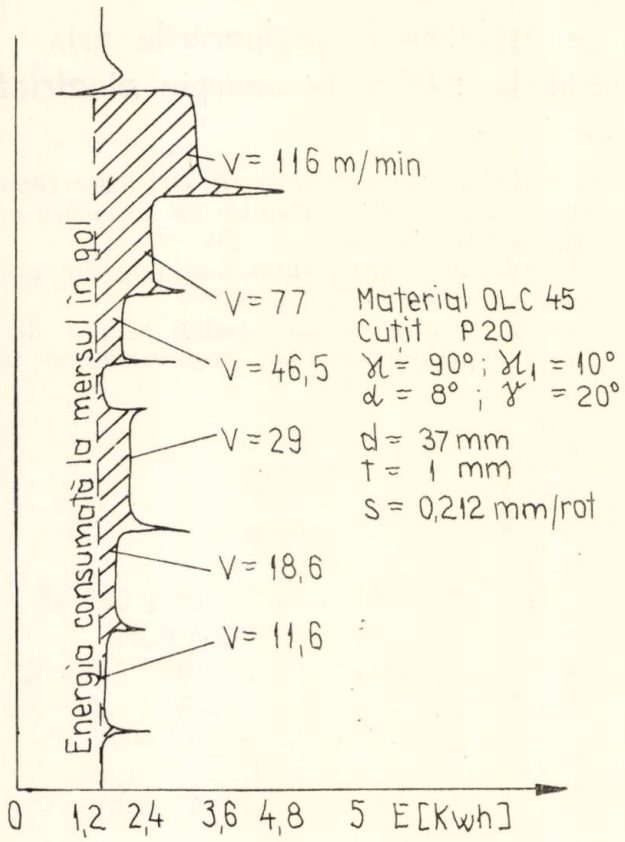


Fig. 3. Influenţa vitezei de aşchiere, v.

alegerea celor mai indicate valori ale parametrilor regimului de aşchiere.

Deşi lucrarea de faţă se referă la economisirea energiei electrice consumate la aşchiere, trebuie precizat că sînt rezerve de economisire a energiei consumate şi la mersul în gol, printr-o dimensionare optimă a puterii motorului electric de acţionare şi totodată a lanţurilor cinematice componente de transmitere a mişcării.

3. Întocmirea modelului matematic de optimizare a consumului de energie electrică

Pentru întocmirea modelului matematic al problemei enunţate, trebuie în prealabil să se determine expresia funcţiei de optimizare (în cazul de faţă consumul de energie electrică la aşchiere), precum şi expresiile funcţiilor care exprimă relaţiile restrictive care îngrădesc parametrii regimului de aşchiere.

3.1. Determinarea funcţiei de optimizare (funcţia obiectiv)

În vederea optimizării parametrilor regimului de aşchiere la strunjire este necesar ca expresia funcţiei obiectiv să conţină aceşti parametri.

Pentru aceasta, considerînd cazul general cînd suprafaţa care se prelucrează are dimensiunea variabilă pe lungimea de aşchiat (fig. 4), se porneşte de la relaţia energiei electrice consumate, scrisă sub forma [1]:

$$E = P \cdot \tau, \tag{1}$$

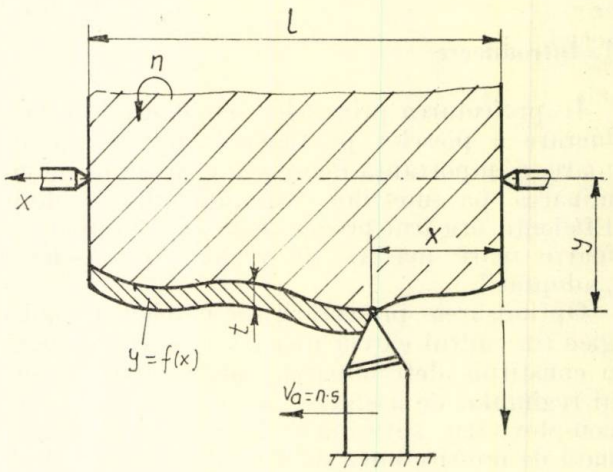


Fig. 4.

în care: P reprezintă puterea efectivă necesară aşchierii;

τ — timpul de prelucrare,

mărimi ce se determină cu următoarele relaţii [3]:

$$P = \frac{F_z \cdot v}{6{,}12 \cdot 10^4} \tag{2}$$

respectiv,

$$\tau = \frac{Z_b}{nts} \cdot \int_0^l f(x)\mathrm{d}x, \tag{3}$$

unde:

F_z este forţa principală de aşchiere;
v — viteza de aşchiere;
Z_b — adaosul de prelucrare;
n, t, s — parametrii regimului de aşchiere (turaţia, avansul şi adîncimea de aşchiere).

Dacă se are în vedere relaţia forţei F_z la strunjire sub forma [3]:

$$F_z = C_{F_z} t^{X_{F_z}} s^{Y_{F_z}}, \tag{4}$$

iar a vitezei de aşchiere sub forma [4]:

$$v = \frac{C_v}{T^m t^{X_v} s^{Y_v} \left(\frac{HB}{200}\right)^n} \cdot \prod_{i=1}^{9} k_i, \tag{5}$$

în care:

T reprezintă durabilitatea (economică sau optimă) a sculei aşchietoare;

HB — duritatea materialului de prelucrat;

C_{Fz}, C_v, X_{Fz}, X_v, Y_v, Y_{Fz}, m, n, k_i — coeficienţi experimentali ce depind de condiţiile concrete de aşchiere: materialul de prelucrat, materialul sculei, geometria acesteia, condiţiile de răcire, ungere (valorile acestor coeficienţi se găsesc în lucrările [4], [5]), atunci, dacă se au în vedere relaţiile (1) — (5), se obţine:

$$E = \frac{C_{Fz} \cdot C_v \cdot Z_b}{6{,}12 \cdot 10^4 \, T^m \left(\frac{HB}{200}\right)^n} \prod_{i=1}^{9} k_i \cdot t^{X_{Fz} - X_v - 1} \cdot s^{Y_{Fz} - Y_v - 1} \cdot n^{-1} \int_0^l f(x)\, dx, \qquad (6)$$

care reprezintă expresia generală a funcţiei de optimizare, dependentă de parametrii regimului de aşchiere.

Expresia generală sub forma (6), se poate particulariza pentru diversele tipuri de suprafeţe ce se prelucrează prin strunjire: suprafeţe cilindrice în trepte (fig. 5), suprafeţe conice (fig. 6), suprafeţe frontale (fig. 7).

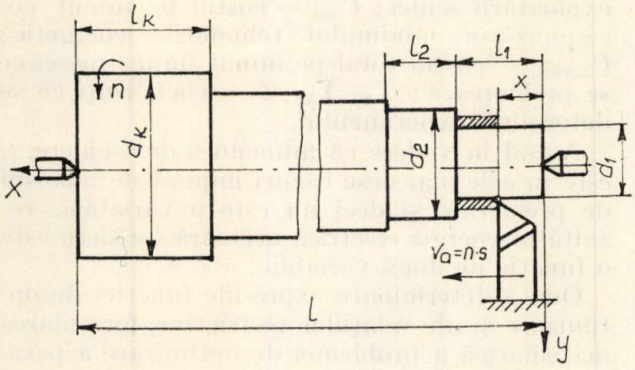


Fig. 5.

Pentru aceasta, în relaţia (6) se înlocuieşte $f(x)$ cu una din expresiile:

$$Y = f(x) = \frac{d_1}{2} + \frac{d_2}{2} + \ldots + \frac{d_k}{2},$$

(pentru suprafeţe cilindrice în trepte), (7)

$$Y = f(x) = \frac{d_1}{2} + x \frac{d_2 - d_1}{2l},$$

(pentru suprafeţe conice), (8)

$$Y = f(x) = \frac{d_2 - d_1}{2},$$

(pentru suprafeţe frontale). (9)

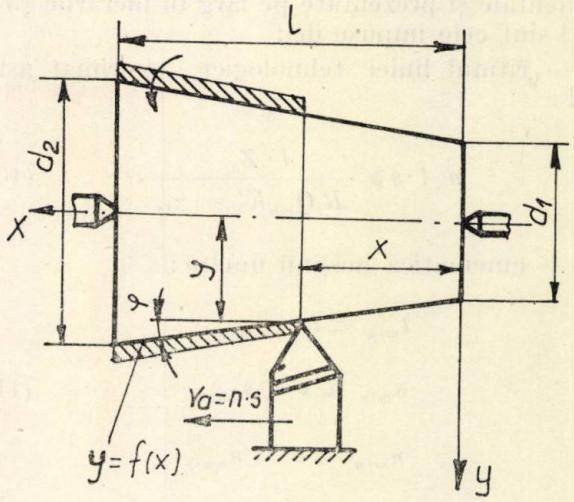


Fig. 6.

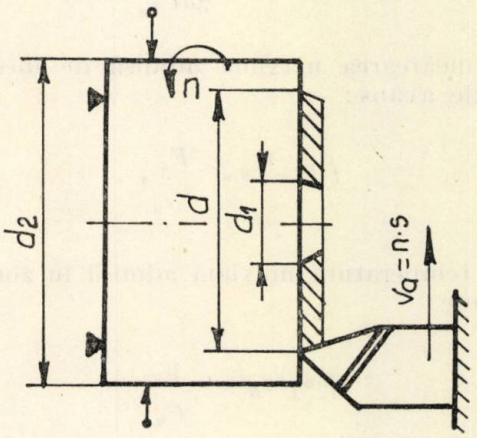


Fig. 7.

3.2. Determinarea relaţiilor restrictive

Este cunoscut că parametrii regimului de aşchiere în practica productivă nu pot lua orice valori care ar putea conduce la un punct de extrem global [6] al funcţiei adoptate (relaţia (6)), deoarece aceştia sînt îngrădiţi de o serie de condiţii concrete de prelucrare, tehnice şi economice, ce au căpătat denumirea de relaţii restrictive de calcul.

Problema alegerii relaţiilor restrictive de calcul este destul de importantă, întrucît neluarea în considerare a unora poate influenţa negativ optimizarea procesului de aşchiere. Pe de altă parte, este necesar ca modelul matematic întocmit să fie cît mai simplu pentru a fi mai uşor şi mai rapid rezolvat.

Pentru operația de strunjire, în cazul producției de serie mare și de masă, relațiile restrictive de care trebuie să se țină seama, rezultate dintr-o serie de cercetări teoretice și experimentale și prezentate pe larg în lucrările [3], [2] sînt cele impuse de:

— ritmul liniei tehnologice, exprimat astfel:

$$n \cdot t \cdot s \geqslant \frac{l \cdot Z_b}{R_l Q_{mu} K_i' - \tau_1}, \tag{10}$$

— cinematica mașinii unelte:

$$\begin{aligned} t_{min} &\leqslant t \leqslant t_{max}, \\ s_{min} &\leqslant s \leqslant s_{max}, \\ n_{min} &\leqslant n \leqslant n_{max}, \end{aligned} \tag{11}$$

— puterea necesară pentru așchiere:

$$n t^{X_{Fz}} s^{Y_{Fz}} \leqslant \frac{6{,}12 \cdot 10^6 \eta P_{m \cdot u}}{\pi d C_{F_z}}, \tag{12}$$

— încărcarea maximă admisă de mecanismul de avans:

$$t^{X_{Fy}} s^{Y_{Fy}} \leqslant \frac{F_a}{C_{F_y}}, \tag{13}$$

— temperatura maximă admisă în zona de așchiere:

$$n^{X_\theta} t^{Y_\theta} s^{Z_\theta} \leqslant \frac{\theta_a}{C_\theta}, \tag{14}$$

— calitatea suprafeței prelucrate [4]:

$$t^X s \leqslant \frac{C_s R_z^y r^u}{\varkappa^2 \varkappa_1^2}, \tag{15}$$

— stabilitatea globală a procesului de prelucrare [7]:

$$t^{X_{Fz}} s^{Y_{Fz}} \leqslant \frac{g_1 \delta_p K}{\mathrm{n2} C_F}. \tag{16}$$

la care trebuie să se adauge o condiție restrictivă nouă impusă de natura problemei tratată în lucrare (economisirea energiei) și anume:

— cheltuielile maxim admise privind energia electrică consumată și cele de prelucrare sub forma:

$$(C_{pr.} + C_{ex.} + C_{mte}) \frac{\pi d l}{n^{X_\Sigma} s^{Y_\Sigma} t^{Z_\Sigma}} \leqslant C_{\Sigma.adm.} \tag{17}$$

Semnificațiile mărimilor din relațiile (10) — — (17) sînt următoarele:

R_l — ritmul liniei tehnologice; Q_{mu} — numărul de utilaje folosite în operația de strunjire; K_i' — coeficient de încărcare a utilajului; τ_1 — timpul auxiliar (care nu depinde de n, s, t) la operația de strunjire; t_{max}, t_{min} — adîncimea maximă și minimă posibilă a fi așchiată pe strung; s_{max}, s_{min} — avansul maxim și respectiv minim admis de mașina unealtă; n_{max}, n_{min} — turația maximă și minimă admisă de mașina-unealtă; P_{mu} — puterea mașinii-unelte; η_l — randamentul de putere; F_a — forța de avans a mașinii-unelte; θ_a — temperatura admisă în zona de așchiere; R_z — rugozitatea impusă piesei ce se prelucrează; r — raza de vîrf a cuțitului de strung; C_{F_y}, C_F, X_{F_y}, Y_{F_y}, C_θ, X_θ, Y_θ, C_s, x, y, z, u, coeficienți ce depind de condițiile concrete de așchiere [4], [8]; $g_1 \leqslant 1$ este un coeficient care ține seama de poziția dimensiunii de reglaj în cîmpul de toleranță δ_p și de influența factorilor aleatorii care afectează precizia de prelucrare; K — rigiditatea dinamică a sistemului piesei, în punctul de unde începe prelucrarea; $\varkappa, \varkappa_1$ — parametrii geometrici ai sculei; $C_{pr.}$ — costul pe minut corespunzător prelucrării prin așchiere; C_{ex} — costul pe minut corespunzător exploatării sculei; C_{mte} — costul pe minut corespunzător minimului tehnologic energetic; $C_{\Sigma.adm.}$ — costul total pe minut impus piesei ce se prelucrează; X_Σ, Y_Σ, Z_Σ — coeficienți ce se determină experimental.

Avînd în vedere că adîncimea de așchiere, t, este în cele mai dese cazuri impusă de adaosul de prelucrare și deci nu este o variabilă, rezultă că energia electrică necesară așchierii este o funcție de două variabile, n și s.

Odată determinate expresiile funcției de optimizare și ale relațiilor restrictive, formularea matematică a problemei de optimizare a parametrilor regimului de așchiere din punctul de vedere al consumului minim de energie electrică la operația de strunjire se formulează astfel:

Să se determine valorile mărimilor n și s care minimizează funcția:

$$E = \frac{C_{F_z} \cdot C_v \cdot Z_b}{6{,}12 \cdot 10^4 T^m \left(\frac{HB}{200}\right)^n} \cdot$$

$$\cdot \prod_{i=1}^{9} k_i t^{X_{Fz} - X_v - 1} \cdot s^{Y_{Fz} - Y_v - 1} \cdot n^{-1} \int_0^l f(x)\, \mathrm{d}x \to min.,$$

în condițiile :

$$
\begin{aligned}
& n \cdot s \geqslant \frac{l \cdot Z_b}{t(R_l Q_{mu} k_i - \tau_1)}, \\
& n \cdot s^{Y_{Fz}} \leqslant \frac{6{,}12 \cdot 10^6 \eta P_{mu}}{\pi d C_{Fz} \cdot t^{X_{Fz}}}, \\
& s^{Y_{Fy}} \leqslant \frac{F_a}{C_{Fy} \cdot t^{X_{Fy}}}, \\
& n^{X_\theta} s^{Z_\theta} \leqslant \frac{\theta_a}{C_\theta \cdot t^{Y_\theta}}, \\
& s \leqslant \frac{C_s R_z^y r^u}{t^x \varkappa^2 \varkappa_1^2}, \\
& s^{Y_{Fz}} \leqslant \frac{g_1 \delta_p K}{2 C_f t^{X_{Fz}}}, \\
& n^{X_\Sigma} s^{Y_\Sigma} \geqslant \frac{\pi d l (C_{pr.} + C_{ex.} + C_{mie})}{t^{z_\Sigma} \cdot C_{\Sigma.adm}}. \\
& s_{min} \leqslant s \leqslant s_{max} \\
& n_{min} \leqslant n \leqslant n_{max}
\end{aligned}
\qquad (18)
$$

3.3. Algoritmul de rezolvare a modelului matematic

Avînd în vedere faptul că parametrii Z_b, HB și T din relația (6) sînt variabile aleatoare, modelul matematic (18) are un caracter stocastic.

Este evident că din natura aleatoare a acestor parametri ai funcției de optimizare, va rezulta o comportare aleatoare a soluției optime.

Observînd că modelul matematic exprimat prin relațiile (18) poate fi ușor liniarizat prin logaritmare folosindu-se notațiile :

$$
\begin{aligned}
& \lg n = x_1, \\
& \lg(100\, s) = x_2,
\end{aligned}
\qquad (19)
$$

domeniul soluțiilor posibile ale modelului matematic poate fi reprezentat printr-un poligon convex $ABCDE$ (fig. 8).

În acest caz, fiecare punct extrem al mulțimii convexe a soluțiilor posibile (determinată de sistemul de restricții din modelul matematic (18)) poate constitui soluția optimă [9], [10].

Valorile funcției obiectiv, în extremitățile poligonului $ABCDE$ sînt, bineînțeles, variabile aleatoare determinate de domeniul de variație $[a, b]$ al parametrului global variabil $K_v(Z_b, HB, T)$ prezentat în figura 9.

Întrucît soluția optimă a modelului matematic (18) este atinsă, neapărat într-un punct extrem, este suficient să punem condiția ca

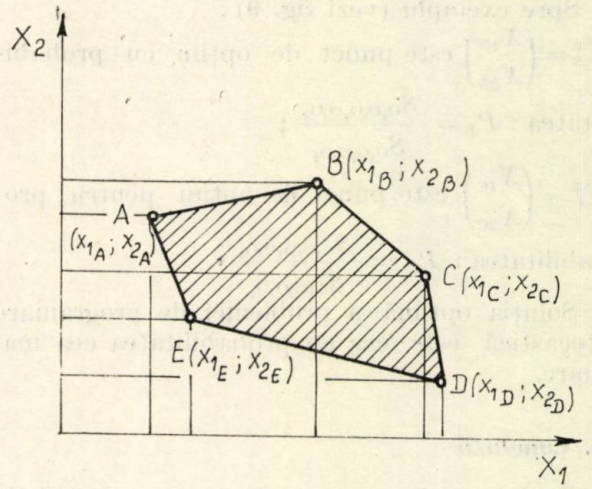


Fig. 8.

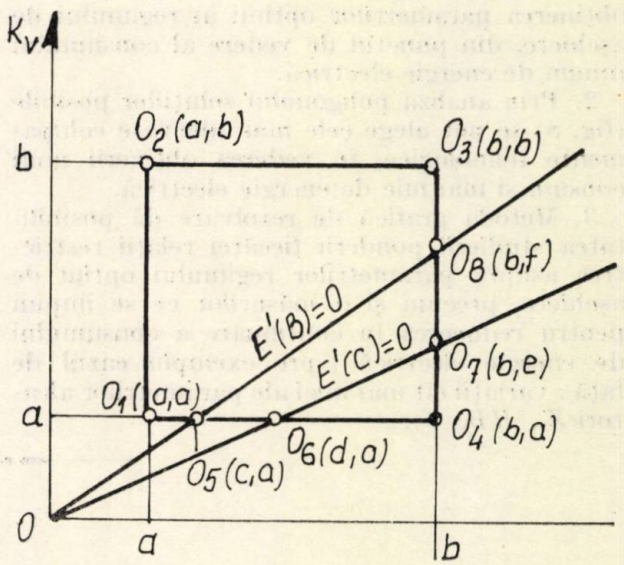


Fig. 9.

valoarea $\lg E = E'$ într-unul din vîrfurile poligonului $ABCDEF$ să fie superioară valorilor corespunzătoare celorlalte puncte extreme.

Astfel, A este punct de optim dacă sînt îndeplinite condițiile :

$$
E'(A) \leqslant \begin{cases} E'(B) \\ E'(C) \\ \vdots \\ E'(E) \end{cases} \qquad (20)
$$

Procedînd în mod asemănător, se scriu condiții de forma (20) pentru toate extremitățile poligonului soluțiilor posibile.

Valorile vectorului aleator $K_v \in [a, b]$ pot fi reprezentate printr-un punct în pătratul $0_1 0_2 0_3 0_4$ (fig. 9), iar probabilitatea fiecărei mulțimi de valori ale vectorului K_v, este egală cu raportul dintre aria imaginii acestei mulțimi din poligonul $0_1 0_2 0_3 0_4$ și aria totală a acestuia.

Spre exemplu (vezi fig. 9):

$X_B^* = \begin{pmatrix} X_{1B} \\ X_{2B} \end{pmatrix}$ este punct de optim cu probabilitatea: $P_B = \frac{S_{O_1 O_5 O_6 O_3 O_2}}{S_{O_1 O_2 O_3 O_4}}$;

$X_C^* = \begin{pmatrix} X_{1C} \\ X_{2C} \end{pmatrix}$ este punct de optim pentru probabilitatea: $P_C = \frac{S_{O_1 O_6 O_7 O_3 O_2}}{S_{O_1 O_2 O_3 O_4}}$.

Soluția optimă a problemei de programare stocastică este cea cu probabilitatea cea mai mare.

4. Concluzii

Pe baza celor prezentate, se pot desprinde următoarele concluzii:

1. Metoda programării matematice permite obținerea parametrilor optimi ai regimului de așchiere, din punctul de vedere al consumului minim de energie electrică.

2. Prin analiza poligonului soluțiilor posibile (fig. 8) se pot alege cele mai adecvate echipamente tehnologice, în vederea obținerii unui consum și mai mic de energie electrică.

3. Metoda grafică de rezolvare dă posibilitatea studierii ponderii fiecărei relații restrictive asupra parametrilor regimului optim de așchiere, precum și a măsurilor ce se impun pentru reducerea în continuare a consumului de energie electrică (spre exemplu cazul de față: variații cît mai mici ale parametrilor aleatori Z_b, HB, T).

4. Metoda este generală pentru toate tipurile de prelucrări prin așchiere și se poate aplica în multe întreprinderi unde prelucrările prin așchiere dețin o pondere importantă, mai ales în condițiile în care acestea sînt dotate cu calculatoare electronice, asigurînd astfel o rezolvare rapidă a modelelor matematice.

Bibliografie

[1] Buzatu, C. — *Considerații privind noi posibilități de economisire a energiei electrice consumate la prelucrările prin așchiere.* În: Energetica, nr. 7/1982, pag. 304—308.

[2] Buzatu, C. — *Contribuții la studiul factorilor care afectează creșterea preciziei pieselor prelucrate prin strunjire și rectificare exterioară.* Teză de doctorat, Brașov, 1981.

[3] Drăghici, G. — *Bazele teoretice ale proiectării proceselor tehnologice în construcția de mașini.* Ed. tehnică, București, 1971.

[4] Picoș, C., Ailincăi, G., Bohosievici, C., Pruteanu, O., Coman, G., Braha, V., Paraschiv, D. — *Calculul adaosurilor de prelucrare și al regimurilor de așchiere.* Ed. tehnică, București, 1974.

[5] Lăzărescu, I. — *Teoria așchierii metalelor și proiectarea sculelor.* Ed. didactică și pedagogică, București, 1964.

[6] Nicolescu, M., Dinculescu, N., Marcus, S. — *Manual de analiză matematică,* Ed. didactică și pedagogică, București, 1962.

[7] Chiriacescu, T. S. — *Contribuții la studiul stabilității dinamice a proceselor de prelucrare pe mașinile unelte așchietoare.* Rezumatul tezei de doctorat. I. P. Iași, 1971.

[8] Vulf, A.M. — *Osnovi razania metalov.* Mașghiz, Leningrad, 1954.

[9] Mihoc, G., Ștefănescu, A. — *Programarea matematică.* Ed. didactică și pedagogică, București, 1973.

[10] Buzatu, C., Drăghici, G. — *Aplicarea programării matematice stochastice la optimizarea parametrilor regimului de așchiere.* În „Noutăți în proiectarea, tehnologia și exploatarea sculelor așchietoare". Brașov, 1980, pag. 167—172.

(Primit la 13 noiembrie 1982, acceptat la 11 ianuarie 1983)

Reducerea și eliminarea consumurilor de hidrocarburi

Îmbunătățiri la instalația de ulei a turbinelor cu abur de 3...12 MW

Ing. I. Nicolau *)

În concordanță cu tendința actuală de reducere a consumurilor energetice vom analiza în cele ce urmează instalația de ulei a turbinelor cu abur de 3...12 MW, pentru a evidenția optimul energetic și cel funcțional cu scopul de a propune măsuri de îmbunătățire a randamentului.

Instalația cuprinde, așa cum se vede în figura 1, un număr de trei pompe de ulei, două răcitoare, filtre, conducte și armături, toate montate pe/sau în jurul unui rezervor de ulei.

La întreaga serie de turbine cu abur din gama 3...12 MW aflată în fabricație la I.M.G. București se utilizează aceleași pompe de ulei, deși rezervorul și răcitoarele de ulei mai prezintă unele diferențe legate de condițiile locale ale beneficiarilor.

*) Ing. I. Nicolau este șef colectiv proiectare la I.C.S.I.T.E.E. — București.

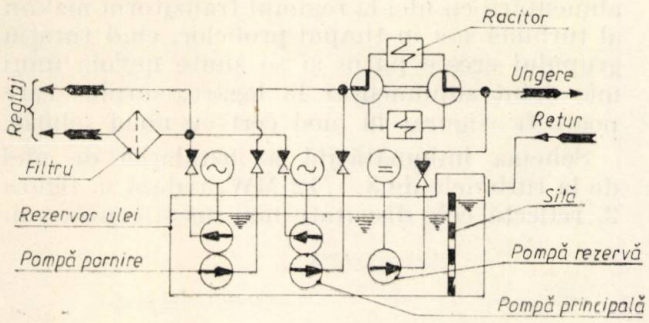


Fig. 1. Schema instalației de ulei.

Analiza inițială a consumatorilor a evidențiat faptul că la funcționarea de durată a turbinelor cu abur, cele două circuite de ulei (ungere și reglaj) prezintă caracteristici diferite, și anume: pe de o parte, presiune joasă și debit constant în circuitul de ungere al lagărelor, iar pe de alta, presiune înaltă și debit variabil în circuitul reglajului, prezentînd deci două regimuri limită de funcționare: unul minim, iar altul maxim.

Corespunzător acestor cerințe a fost aleasă o pompă principală de ulei cu două trepte de presiune, din care treapta de joasă presiune pentru ungerea lagărelor, iar treapta de înaltă presiune, la care se cerea în plus și o caracteristică $Q = f(p)$ cît mai plată, pentru acționările hidraulice ale reglajului.

La primele instalații realizate și date în funcțiune s-a constatat o comportare bună în ansamblu, evidențiindu-se corectitudinea premiselor care au stat la baza proiectului.

Urmărind în continuare atît primele instalații, cît și altele fabricate ulterior, s-au evidențiat unele aspecte care pot conduce la îmbunătățiri ale concepției privind consumul tehnologic și funcționarea turbinei.

În primul rînd s-a constatat că pompa principală de ulei funcționează 90...95% din timpul calendaristic la regimul minim al consumatorilor și numai 5...10% la regimul maxim; după aceea s-a analizat puterea consumată la regimul minim, apreciindu-se un randament redus la acest regim și în plus o caracteristică $Q = f(p)$ insuficient de plată la treapta de înaltă presiune. În al doilea rînd s-a constatat că la unii beneficiari rețeaua electrică de joasă tensiune la care este cuplat motorul pompei principale de ulei nu oferă suficientă siguranță.

Randamentul pompei principale la regimul minim caracterizat prin parametrii: $Q_1 = 8$ dm^3/s; $p_1 = 2{,}3$ bari; $Q_2 = 3{,}5$ dm^3/s; $p_2 = 12{,}5$ bari se poate calcula ca un raport între puterea utilă N_1 și puterea consumată N_2:

$$\eta_1 = \frac{N_1}{N_2} = 0{,}14 \ (14\%),$$

unde puterea utilă N_1 se calculează ca o sumă pe cele două trepte ale pompei:

$$N_1 = \frac{Q_1 \cdot p_1 + Q_2 \cdot p_2}{102} = 6 \text{ kW},$$

iar puterea consumată N_2 se extrage din buletinul de încercare a pompei pe standul de probă uzinal:

$$N_2 = 42 \text{ kW}.$$

Randamentul pompei la regimul maxim caracterizat prin parametrii: $Q_1 = 8$ dm^3/s; $p_1 = 2{,}3$ bari; $Q_3 = 27$ dm^3/s; $p_3 = 7{,}2$ bari, se calculează în mod similar:

$$\eta_2 = \frac{N_3}{N_4} = 0{,}30 \ (30\%),$$

unde $N_3 = 20{,}9$ kW, iar $N_4 = 70$ kW.

Din cele de mai sus rezultă că pompa a fost dimensionată pentru regimul maxim, unde prezintă randamentul cel mai bun, dar funcționează cea mai mare parte a timpului la regimul minim, unde prezintă randamentul cel mai mic.

Pentru reducerea consumului tehnologic de energie este necesară schimbarea opticii în ceea ce privește repartizarea funcțiunilor pe componentele instalației, în sensul ca pompa principală să preia numai debitele minime, atît pentru ungere, cît și pentru reglaj, iar diferența pînă la debitul maxim al reglajului să fie preluată de un acumulator hidraulic.

În urma calculelor detaliate a rezultat că pentru umplerea acumulatorului este necesar un debit de 1,5 dm^3/s, care împreună cu debitul minim al reglajului, de 3,5 dm^3/s conduce la un nou punct de funcționare al treptei de înaltă presiune de $Q_4 = 5$ dm^3/s.

La acest nou regim (minim) de funcționare puterea utilă a pompei va fi:

$$N_5 = \frac{Q_1 \cdot p_1 + Q_4 \cdot p_2}{102} = 6{,}9 \text{ kW}.$$

Întrucît dimensionarea pompei trebuie făcută chiar pentru acest nou regim (minim) randamentul va crește la valoarea maximă $\eta_2 = 0{,}3$ și puterea consumată de pompă va fi:

$$N_6 = \frac{N_5}{\eta_2} = 23 \text{ kW}.$$

Redimensionînd pompa, puterea consumată se reduce de la $N_1 = 42$ kW la $N_6 = 23$ kW, adică cu $\Delta N = N_1 - N_6 = 19$ kW, iar puterea motorului de antrenare scade de la 55 kW la 25 kW.

Din punct de vedere energetic se poate arăta că prin modificarea pompei și dotarea instalației cu un acumulator hidraulic se poate reduce consumul tehnologic de energie al instalației de ulei cu aproximativ:

$$E = \Delta N \cdot T \cdot n \cong 2 \text{ milioane kWh},$$

unde: $T = 6500$ ore de funcționare pe an, pe o durată de viață de $n = 16$ ani.

Pentru o etapă ulterioară se poate aborda problema schimbării soluției constructive a pompei din pompa centrifugală în pompă volumetrică, în care caz randamentul instalației poate crește și mai mult.

În legătură cu cea de a doua problemă se poate arăta că la unii beneficiari rețeaua de joasă tensiune la care se cuplează motorul pompei principale de ulei nu oferă suficientă siguranță. Orice întrerupere care apare în această instalație electrică afectează alimentarea cu ulei a lagărelor, producînd oprirea turbinei prin protecțiile automate. Din această cauză este necesară adoptarea unei noi soluții în ceea ce privește sursa de energie în sensul ca motorul pompei principale de ulei să fie legat printr-un arbore electric de un mic generator montat pe arborele agregatului. În acest scop actualul generator pilot pentru reglaj trebuie completat cu o înfășurare suplimentară pentru alimentarea pompei.

La punerea în mișcare a turbinei se va pune în mișcare și pompa principală de ulei, urmînd ca atunci cînd turbina atinge turația nominală și pompa principală să ajungă la nominal.

Această soluție ne va permite să asigurăm alimentarea cu ulei a lagărelor turbinelor, independent de starea rețelei locale și să realizăm și din acest punct de vedere un optim funcțional. Noua soluție permite totodată ameliorarea alimentării cu ulei la regimul tranzitoriu maxim al turbinei sau în timpul probelor, cînd turația grupului crește puțin și se simte nevoia unui mic debit suplimentar la lagăre, surplus care poate fi asigurat în mod cert cu noua soluție.

Schema îmbunătățită a instalației de ulei de la turbinele de 3...12 MW, redată în figura 2, reflectă cele discutate mai sus și conține, în

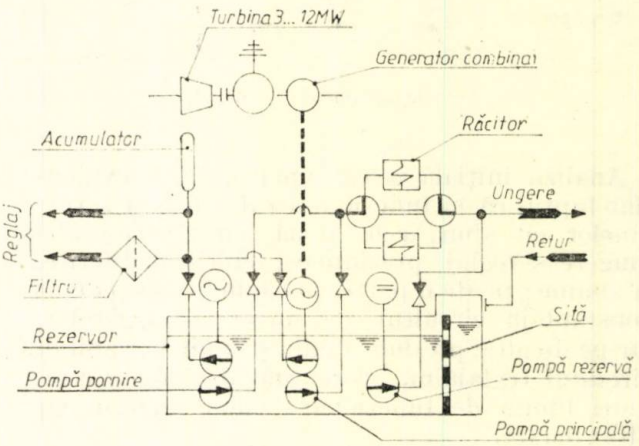


Fig. 2. Schema îmbunătățită.

plus, atît acumulatorul hidraulic care se montează în cutia lagărului din față, cît și un generator combinat montat pe arborele turbogeneratorului.

Noua concepție a instalației prezintă beneficiarilor posibilitatea obținerii unei apreciabile economii de energie și o mai mare siguranță în alimentarea cu ulei a lagărelor.

Bibliografie

[1] Grecu T., Cârdu M., Nicolau I.: *Turbine cu abur*, Editura Tehnică, București, 1976.

[2] Marin V., Moscovici R., Tenes lav D.: *Sisteme hidraulice*, Editura Tehnică, București, 1981.

(Primit la 9 decembrie 1982, acceptat la 23 ianuarie 1983)

The After—Burning Tiltable Grate—An Optimal Solution for the Lignite Fuelled Steam Boilers Efficiency Increase

(Condensed from the paper in Romanian)

Gh. Chercea, Eng., A. Roșu, Eng., I. Dănilă, Eng.

The reducing of heat losses due to mechanical incomplete combustion is an efficient solution of boilers efficiency increase and of fuel saving.

The high capacity power plants from Romania running on solid low grade fuel (the thermal power plants Rovinari and Turceni and the district heating power plant Işalnița) are fuelled with lignite from the Oltenia pool. This lignite has a high content of xilite (more than 14 % for the Poiana mine coal and over 16 % for the Lupoaia pit coal). The wooden material contained in the raw lignite has a reduced grindability: $m_{VTI} = 0.75$ at a xilite content of 25 % as compared to $m_{VTI} = 1.1$ at a content of 7 % xilite. The xiloid particles behave negatively in the mill separator due to their high lift which enables them to elude the separating devices. The grinding fineness is quite gross, $R_{1000} = 8-12$ % and $R_{90} = 60-80$ %. Since the large particles from the lignite dust have no time to be burnt completely the unburnt combustibles from the cold funnel slag reach high percentages (40—50 %), the corresponding heat losses (q_4) reaching high values (7—11 % for the 645 t/h boiler from the thermal power plant Rovinari).

Several solutions to decrease these losses have been studied with the Energy Research and Modernizing Institute (ICEMENERG) Bucharest [1] during the last years :

— tertiary air injection into the cold slag funnel of the boilers ;

— the recovery of the entire slag quantity from the furnace basis for grinding and reburning ;

— the partly recovery of slag (the one with high heating value) and its recirculation within the solid fuel circuit ;

— the after-burning grate.

The technical economic comparison of these solutions showed that the after-burning grate is the most efficient installation due to its several other advantages as : increasing the boiler load and decreasing and even the complete reducing of hydrocarbons used for stabilizing the burning process.

The first after-burning grate in our country has been tested by ICEMENERG in 1977 when a tiltable after-burning grate has been installed at the first 645 t/h boiler from the thermal power plant Rovinari. After several improvements aiming to increase its reliability and efficiency two tiltable after-burning grates are in operation with positive results at both 645 t/h boilers of the thermal power plant Rovinari.

The after-burning grate keeps the slag at the funnel basis for 7÷10 minutes and tilts it further. A quantity of up to 20 % of the boiler air is blown under the grate. For burning the maximum slag quantity that can fall into the cold funnel (about 22 t/h) a quantity of about 10 % (about 90,000 Nm^3/h) from the boiler air is quite enough. The remaining air is overheated to about 1200 K when it passes through the flame nucleus of the grate and rises inside the funnel to the burners meeting the coal dust particles which do not burn out completely and which would be extinguished due to the lack of air but which will burn further due to the new circumstances. This larger air flow achieved thus will lead to a higher air blasting speed through the slag and will create above the grate burning conditions quite resembling to the ones existing at the fluidized bed burning.

The radiation of the flame nucleus from the grate also improves the burning of the coal dust particles falling into the cold funnel. This radiation has for the tiltable after-burning grate from Rovinari very high thermal levels, between 1400 and 1600 K. Thus the lignite burning stability in the furnace is improved and this enables the decrease of the hydrocarbons consumption used as flame support (for high boiler loads the hydrocarbon consumption can be eliminated) so that the reliability of the solid fuel burning installation is increased.

In order to find the best dimensions of the air blasting equipment under the after-burning grate the experimental determination of the incipient fluidization state was a necessar step, as well as the checking of the slag bed stability on the grate bars and the pressure losses due to its flowing through the grate bars and into the fuel bed [5]. The tests were carried out at the laboratory for thermal processes of ICEMENERG, at the aerodynamic blowing stand.

The test results are shown in the curves from Fig. 1 and 2. It can be seen that the pressure loss due to the flowing through the grate bars and through the slag bed increases with the blast air speed until it reaches a limit speed when fluidization begins. From this moment on the pressure loss within the slag layer maintains itself at a constant value disregarding the air blast speed increase.

The after-burning grate consists of a bar „rug" mounted on 16 axes with quadratic sections, introduced into the 4 funnels of the boiler (30 bars on each axis). The axes are water-cooled from the inside. Between the bars there is a space of 4 mm and between the two close rows of bars there is a space of 42 mm (Fig. 4) which enables the tilting. A bar is 500 mm long and 35 mm wide. The surface of the funnel obturated by the bars is of 2.1 m^2, so that the free air passing section is of 0.41 m^2. The average air speed through the bars and through the rows of bars is 15 m/s.

The optimization tests have shown that the grate must remain closed for 7 min. During this time a slag layer with a thickness of about 150 mm is deposited on the grate. The slag is disposed off by tilting the bar rows in the direction shown by the arrows in Fig. 4 and 5. The tertiary air pressure within the collectors exceeds 1500 Pa.

The installation has its own air fans which ventilate the cold air as well as the mixture of cold air with the hot air from the air preheater.

In case of failure (the absence of air or cooling water for the axes) the grate can be sprayed with cold water from beneath.

The grate axes are rotated with 90° for tilting by a parallelogram lever system actuated by the cylinders pistons with the condense under pressure. The liquid is distributed by an automatic sequentially controlled electric ventiles system.

The operation safety is surveyed by signalizing the axes cooling failure (minimal pressure) and the grate blockage (controllable time relay announcing the delay of tilting).

In case of damage at the grate this one can be opened (the bars in vertical position) and the boiler can remain in operation. The grate is sprayed with water from beneath and the tertiary air blasting stops. The grate can be opened in case of damage by the counterbalance lever actuated manually.

During the grate operation tests there has been used a different number of mills (4, 5 and 6) and this enabled its operation optimization depending on the tertiary air flow and on the time the grate has been kept on the position „closed".

The slag quantity falling into the cold funnel (and also the retention capacity of the furnace) decrease if the tertiary air flow is increased (Fig. 7). The curve was drawn when the after-burning grate was „open". When the grate is in operation, the effect of tertiary air blast on the slag flow increases (point A).

The percentage of unburnt matters from the slag decreases with the tertiary air flow increase [2] and the characteristical diameter of the slag samples collected in the funnel increases. Fig. 8 presents the variation of the unburnt matters from the slag particles depending on their dimension, for two extreme situations : with the grate and tertiary air stopped [1] and with them in operation [2]. The differences of content of „unburnt" matters for the same particles dimensions are larger in the range of fine particles and much smaller in the range of gross particles because these last ones have not enough time to be burnt on the grate. In the range of fines the differences would be even greater but the tertiary air blows the fines (containing very little unburnt matter) back towards the furnace.

The tertiary air flow influences positively the burning on the grate, the flame temperature increasing with the air flow increase, as can be seen from Fig. 10. The flame temperature on the grate is influenced also by the interval between two successive tilts, its level rising continuously with the postponing of the tilting (Fig. 11a).

In exchange, the excessive delay of a tilting does not lead to a continuous decrease of unburnt matters in the slag (Fig. 11b) since if a too small interval does not leave enough time for the slag to be burnt a too long interval determines the growing of the slag layer, so that the air admission is detained and the burning takes place accordingly. The optimum tilting interval is about 10 min. (7—8 min. with „closed" grate and 1 1/2—2 min. the time needed for the „opening" and „closing" of the grate.

The optimal tertiary air flow value, from the point of view of the boiler, is 180,000 Nm^3/h, what represents 20 % of the boiler air flow, confirming the previously exposed theory [4].

After the grate operation optimization its performances could be determined and a comparison was made to the situation before its mounting.

The slag quantity eliminated to the cold funnel decreased mainly due to blowing tertiary air so that the distribution coefficient of the ash in the furnace fell from 10—12 % to 5—6 %.

The percentage of combustible unburnt matters in the slag was reduced from 40—50 % to 20—25 %. The combination of these two effects have led to the lowering of heat losses by mechanic incomplete burning from 7—11 % to 2—4 % meaning a boiler efficiency increase with 5—7 %.

This increased the unit power with 6—12 MW (a value depending on the lignite quality and more exactly on the xilite content), without a consumption of supplementary fuel and this leads to a fuel saving of 25—40,000 tcf/year.

The tiltable after-burning grate at the 645 t/h boiler funnel of the thermal power plant Rovinari increases the flame stability by improving the ignition conditions of the lignite dust particles and the heat release rate by about 10 %. Thus the hydrocarbons consumption used for the flame stability is reduced. When the boiler was commissioned after general repairings its stable operation with a caloric contribution of 4—5 % oil, when lignite with low heat value of 6.7—7.1 MJ/kg (rich in xilite) and of 6.5—8 % when lignite of 4.8—5.5 MJ/kg has been burnt, was tested.

At the 645 t/h boilers of the thermal power plant Rovinari with the cold funnel divided in 4 compartments the tiltable after-burning grate was quite easy to adapt without operating changes at the boiling system.

Conclusions

The tiltable after-burning grate was efficient providing a boiler efficiency increase of 5—7 % and the flame stability improvement enabling the decrease down to 4—5 % for the oil caloric participation (depending on the lignite quality or more precise, on its xilite content).

Compared to other types of after-burning grates, the tiltable type has some disadvantages in what regards the efficiency (during the tilting slag falls directly into the funnel without being burnt ; the particles which fall on the grate shortly before tilting have no time to burn).

Grătarul de postardere basculant-soluţie eficientă pentru mărirea randamentului cazanelor de abur care funcţionează cu lignit

Ing. Gh. Chercea, ing. A. Roşu, ing. I. Dănilă *)

Introducere

Măcinarea şi arderea sub formă pulverizată a lignitului din bazinul Oltenia — bogat în xilită — se desfăşoară nesatisfăcător, ducînd la apariţia în zgură a unui procent ridicat de substanţe combustibile nearse (40—50 %), ceea ce determină diminuarea sensibilă a randamentului cazanelor instalate în CTE Rovinari şi CTE Turceni [1]. Printre soluţiile experimentate [1,2], grătarul de postardere s-a impus ca fiind cea mai economică, atît din punctul de vedere al reducerii pierderilor de căldură prin ardere mecanic incompletă, cît şi al aportului său la creşterea stabilităţii arderii, ceea ce permite diminuarea şi chiar eliminarea, la sarcini ridicate, a consumului de hidrocarburi ca suport de flacără. Primul grătar de postardere din R.S.R. a fost experimentat în anul 1977 de către ICEMENERG, sub formă de grătar basculant montat la cazanul nr. 1 de 645 t/h din CTE Rovinari. Prima variantă a suportat modificări în scopul măririi siguranţei în exploatare şi a eficienţei, iar începînd din 1979 sînt în funcţiune, cu rezultate pozitive, la ambele cazane de 645 t/h din CTE Rovinari, grătare de postardere basculante în varianta îmbunătăţită.

1. Aspecte generale

Cazanele de 645 t/h de fabricaţie cehoslovacă montate la CTE Rovinari nu au realizat parametrii nominali (în primul rînd sarcina), debitul morilor MV 65 fiind mult redus sub valoarea de proiect. Conţinutul de xilită al lignitului măcinat, cu valori medii de peste 10 %, explică valoarea redusă a măcinabilităţii acestuia, care determină micşorarea debitului morilor. Pe de altă parte, prezenţa xilitei are drept rezultat înrăutăţirea fineţii de măcinare şi arderea incompletă din punct de vedere mecanic. Măsurile luate pentru mărirea debitului morilor (de exemplu modificarea canalelor de cărbune praf) au dus la înrăutăţirea fineţei de măcinare ($R_{1000} = 5 - 8$ % şi $R_{90} = 75 - 83$ %) şi la scăderea randamentului cazanului prin creşterea pierderilor de căldură prin ardere mecanic incompletă la valori de 7—11 % (factorul de reţinere al focarului a devenit 11—12 %, iar procentul de substanţe combustibile nearse regăsite în zgură a atins valori de 40—50 %).

Pentru micşorarea pierderilor de căldură prin ardere mecanic incompletă este necesară prelungirea arderii particulelor mari, ceea ce se poate realiza în mod natural dacă se măreşte sensibil timpul de staţionare a lor în focar şi dacă li se oferă aerul necesar. Grătarul de postardere basculant răspunde acestor cerinţe prin reţinerea zgurei la baza focarului timp de aproximativ 10 minute (după care zgura este vărsată prin basculare) şi prin aducerea unei cantităţi suplimentare de aer de pînă la 20 % din necesarul de aer al cazanului. Pentru arderea cantităţii maxime de zgură care poate cădea în pîlnia rece (aproximativ 22 t/h) este suficientă o cantitate de aer care să reprezinte 10 % (aproximativ 90 000 Nm^3/h) din aerul necesar cazanului. Cantitatea de aer introdusă peste această valoare se supraîncălzeşte la circa 1200 K la trecerea prin nucleul de flacără de pe grătar şi se ridică în focar spre arzătoare, întîlnind particule de praf de cărbune incomplet arse, care s-ar stinge datorită lipsei de aer

*) Ing. Gh. Chercea şi ing. A. Roşu sînt cercetători ştiinţifici principali, iar ing. I. Dănilă este inginer proiectant principal la ICEMENERG.

și care în noile condiții vor continua să ardă. Acest exces de aer contribuie și la crearea pe grătar a unor condiții apropiate de cele existente la arderea în pat fluidizat. Această teorie expusă de specialistul ungur Pál Sándor [4] a fost verificată și confirmată prin experimentările efectuate la cazanul de 645 t/h din Rovinari, dotat cu grătar de postardere.

Tot în scopul îmbunătățirii condițiilor de aprindere a particulelor de praf de cărbune care cad spre pîlnia rece acționează și radiația nucleului de flacără de pe grătar care are, în cazul grătarului de postardere basculant de la Rovinari, niveluri termice foarte ridicate, caracterizate prin temperaturi cuprinse între 1400 și 1600 K. În acest fel se mărește stabilitatea arderii lignitului în focar, ceea ce permite reducerea consumului de hidrocarburi pentru susținerea flăcării (la sarcini ridicate ale cazanului se poate anula consumul de hidrocarburi) și ridică siguranța în exploatare a instalației de ardere a combustibilului solid.

2. Experimentări pe stand

Pentru dimensionarea instalației de insuflare a aerului sub grătarul de postardere a fost necesară determinarea experimentală a regimului incipient de fluidizare, verificarea stabilității stratului de zgură pe barele de grătar și stabilirea pierderilor de presiune la curgerea printre barele grătarului și în stratul de combustibil [5]. Experimentările s-au făcut în laboratorul de procese termotehnice al ICEMENERG, la sufleria aerodinamică.

Pe stand s-a instalat o cutie la baza căreia s-au montat bare confecționate din lemn la dimensiunile barelor de grătar. Distanța dintre bare a fost de 4 mm, iar dimensiunile „feliei" de grătar experimentate au fost 400 × 400 mm, debitul de aer rece necesar realizării aceleiași viteze ca în condiții reale (3,15 m/s) fiind de 0,5 m³/s. S-a folosit zgură prelevată chiar de la cazanul de 645 t/h, care a fost uscată în prealabil în aer.

Curba variației pierderilor de presiune la trecerea aerului printre barele grătarului și prin stratul de zgură depus pe bare în funcție de viteza aerului în canal (înainte de pătrunderea lui printre bare) este prezentată în figura 1. S-au făcut experimentări cu înălțimi diferite ale stratului de zgură, însă nu s-au putut trasa curbe pentru fiecare din acestea, deoarece căderea de presiune prin stratul de zgură la înălțimile luate în considerație a fost mult prea mică în comparație cu cea printre bare. De aceea s-a trasat curba reprezentînd valorile medii pentru înălțimea stratului de 100 mm.

Din experimentări s-a observat că pierderea de presiune la curgerea printre barele grătarului și prin stratul de zgură crește odată cu creșterea vitezei aerului insuflat pînă se atinge o viteză limită la care începe fluidizarea. Din acest moment căderea de presiune în stratul de zgură se menține la o valoare constantă, indiferent de

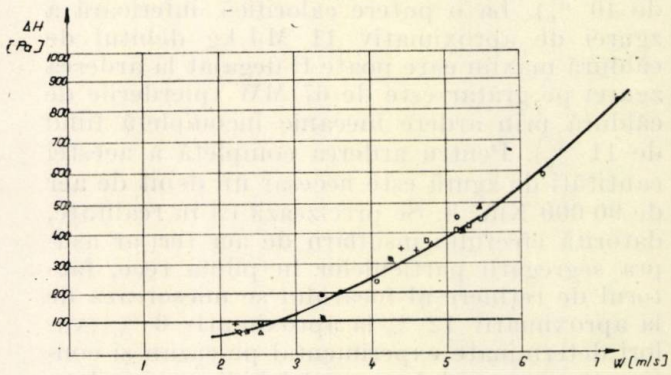


Fig. 1. Variația căderii de presiune printre barele de grătar și prin stratul de zgură în funcție de viteza aerului: + 190 mm; ○ 150 mm; □△ 100 mm; Ø 80 mm; ⊗ 55 mm. (The variation of the pressure loss between the grate bars and through the slag layer depending on the air speed: + 190 mm; ○ 150 mm; □△ 100 mm; Ø 80 mm; ⊗ 55 mm).

creșterea vitezei de insuflare a aerului. În figura 2 este trasată curba variației vitezei limită la care începe fluidizarea, în funcție de înălțimea stratului de zgură depusă pe grătar.

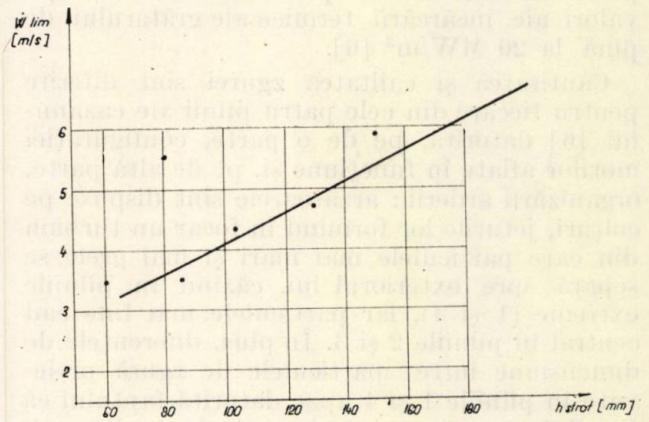


Fig. 2. Variația vitezei limită la care începe fluidizarea în funcție de înălțimea stratului de zgură depusă pe grătar. (The variation of the limit speed when the fluidization begins depending on the height of the slag layer on the grate).

La apariția fluidizării s-a observat că stratul de zgură este stabil, neexistînd variații sensibile ale înălțimii în diferite zone.

3. Dimensionarea instalației de postardere

Pentru a putea livra debitul de abur nominal, cazanul de 645 t/h (cu căldura utilă necesară de 500 MW) trebuie să asigure arderea cu un randament de 80 % a unei cantități de 360 t/h lignit cu puterea calorifică inferioară de 6,3 MJ/kg. Dacă lignitul conține 30 % cenușă și din

această 12 % cade în pîlnia rece sub formă de zgură, rezultă că debitul de zgură evacuat este de aproximativ 22 t/h (pentru un conținut de substanțe combustibile nearse regăsite în zgură de 40 %). La o putere calorifică inferioară a zgurei de aproximativ 11 MJ/kg debitul de căldură maxim care poate fi degajat la arderea zgurei pe grătar este de 67 MW (pierderile de căldură prin ardere mecanic incompletă fiind de 11 %). Pentru arderea completă a acestei cantități de zgură este necesar un debit de aer de 90 000 Nm^3/h. Se precizează că în realitate, datorită efectului insuflării de aer terțiar asupra segregării particulelor în pîlnia rece, factorul de reținere al focarului se micșorează de la aproximativ 12 % la aproximativ 6 % (valori determinate experimental pe cazan și confirmate pe standul cu model bidimensional cu apă și tridimensional cu aer [2]). Așadar pe grătar cade efectiv un debit de zgură de 11—12 t/h.

Pîlnia rece a cazanului de 645 t/h este formată din patru pîlnii mai mici. Fiecare pîlnie are în zona în care se amplasează grătarul de postardere o secțiune de $1,2 \times 2,1 = 2,52$ m^2. Încărcarea termică a grătarului este de 3,6 MW/m^2 și se încadrează în limitele indicate în literatura de specialitate în care se precizează că pentru regimurile situate în stadiul incipient de fluidizare se pot lua în considerație valori ale încărcării termice ale grătarului de pînă la 20 MW/m^2 [6].

Cantitatea și calitatea zgurei sînt diferite pentru fiecare din cele patru pîlnii ale cazanului [6] datorită, pe de o parte, configurației morilor aflate în funcțiune și, pe de altă parte, organizării arderii : arzătoarele sînt dispuse pe colțuri, jeturile lor formînd în focar un turbion din care particulele mai mari și mai grele se separă spre exteriorul lui, căzînd în pîlniile extreme (1 și 4), iar particulele mai fine cad central în pîlniile 2 și 3. În plus, diferențele de dimensiune între particulele de zgură prelevate în pîlniile 1 și 4 apar datorită faptului că în pîlnia 4 se captează și particule de dimensiuni mai mici, care s-au separat din curentul de gaze de ardere la schimbarea de direcție a acestuia spre drumul 2 de gaze al cazanului. Acesta este și motivul pentru care probele de zgură colectate la pîlnia 4 dovedesc neomogenitate (panta curbei granulometrice din figura 3 : $n = 0,6 - 0,8$) spre deosebire de celelalte pîlnii care prezintă o omogenitate bună ($n \approx 1$). Diametrul caracteristic al probelor de zgură colectate la cele patru pîlnii (înainte de montarea grătarului de postardere și a instalației de insuflare a aerului) pentru care s-au trasat curbele granulometrice din figura 4, confirmă constatarea anterioară, pîlnia 1 avînd granule de zgură de dimensiunile medii cele mai mari ($d'_1 = 0,9$ mm), pîlnia 4 avînd tot zgură de dimensiuni mari, dar ceva mai reduse decît în pîlnia 1 ($d'_4 = 0,7$ mm), iar prin pîlniile centrale se elimină zgură de dimensiuni mici ($d'_2 = 0,5$ mm ; $d'_3 = 0,55$ mm).

Debitul de zgură prelevată la o sarcină a blocului de 135 MW [7] a avut valoarea cea mai mare la pîlnia 4 (4 t/h) și valoarea cea mai mică la pîlniile centrale (de exemplu 1,5 t/h la pîlnia 2). Procentul de substanțe combustibile nearse a fost mai mare (50 %) în probele de zgură

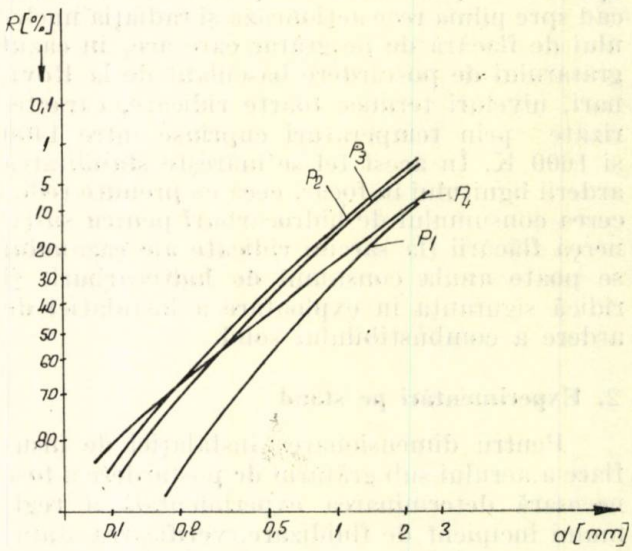


Fig. 3. Curbele granulometrice ale probelor de zgură prelevate din cele 4 pîlnii ale cazanului de 645 t/h. (The granulometric curves of the slag samples taken from the 4 funnels of the 645 t/h boiler).

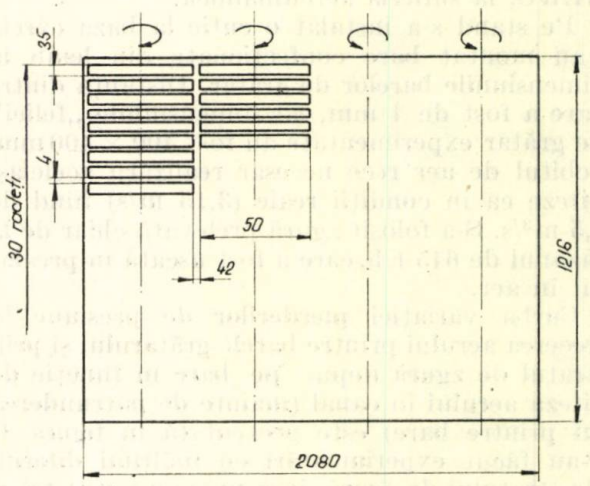


Fig. 4. Vedere în plan a grătarului de postardere basculant (o singură pîlnie). (The tiltable after-burning grate (one funnel) plane view).

prelevate la pîlniile extreme (acestea conținînd și particule de dimensiuni mai mari) decît în probele prelevate la pîlniile centrale (30—35 %).

Bascularea grătarului se face la intervale determinate de înălțimea stratului de zgură depus pe grătar. Debitul maxim de zgură

(12 t/h care înseamnă, volumetric, 13,3 m^3/h) ar determina, în cazul în care grătarul nu basculează, formarea în timp de o oră a unui strat de 1,32 m înălțime. Un strat de 100 mm se strînge pe grătar în aproximativ 5 minute.

Căderea de presiune a aerului terțiar la curgerea prin stratul de zgură depus și printre barele de grătar a fost determinată și prin calcul, conform [8], iar rezultatele au fost apropiate de cele determinate experimental pe stand (capitolul 2).

În pîlnia rece sînt montate patru axe de secțiune pătrată pe care sînt așezate cîte 30 de bare de grătar la distanță de 4 mm una de alta. Între două rînduri apropiate de bare există un spațiu de 42 mm (fig. 4), necesar pentru a se permite mișcarea de rotație a rîndurilor apropiate de bare în timpul basculării. O bară are 500 mm lungime și 35 mm lățime. Suprafața din pîlnie, obturată de cele 120 bare, este de 2,1 m^2. Secțiunea liberă de trecere a aerului este de $2{,}52 - 2{,}1 = 0{,}41$ m^2. Viteza medie a aerului printre bare și printre rîndurile de bare este de 15 m/s.

Experimentările necesare optimizării funcționării grătarului au impus perioada de 7 minute în care grătarul stă închis. În acest timp pe grătar se depune un strat de 155 mm de zgură.

Instalația de insuflare a aerului terțiar a fost dimensionată să acopere pierderile de presiune. În colectoarele amplasate alături de pîlnia rece, presiunea trebuie să fie de peste 1500 Pa. Ventilatoarele proprii de aer terțiar trebuie să permită acoperirea unei căderi de presiune de peste 2500 Pa.

4. Descrierea instalației în varianta finală

Pîlnia rece a cazanului de 645 t/h este prezentată în figurile 5 și 6. Pe cele patru axe de secțiune pătrată (1) dispuse în fiecare pîlnie (2) sînt așezate 120 bare de grătar (3), care formează un „covor" care reține zgura pentru prelungirea arderii. La anumite intervale de timp zgura este vărsată de pe grătar prin basculare în sensul indicat de săgeți.

Aerul necesar arderii este insuflat prin duzele 4 și este asigurat de o instalație de aer proprie: ventilatoare (7) amplasate la cota de deservire cu posibilitatea de a vehicula aer rece sau amestec cu aer cald din preîncălzitorul de aer, canale de legătură (6) cu colectoarele de la cota „zero", canale de distribuție (5) a aerului din colectoare la fiecare pîlnie, cu clapetele aferente de reglare și închidere etc. Pentru aducerea întregii cantități de zgură pe grătar s-a refăcut zidăria pîlniei sub forma prezentată în figura 6, poz. 19. Pentru aceasta s-au montat în pîlnie plăci de sicromal (10) de susținere a zidăriei. Duzele de „stingere" a zgurii din fiecare pîlnie (16) au fost acoperite cu capace (17), care să dirijeze jeturile de apă în jos, pentru a nu stropi grătarul. În plus, s-a prevăzut o instalație de stropit grătarul pe dedesubt, în caz de avarie (lipsă de aer sau lipsă de apă de răcire a axelor), care are duzele (14) orientate spre grătar. Colectoarele de distribuție ale acestor două instalații (15 și 18) sînt amplasate în exteriorul pîlniei. La începutul experimentării grătarului de postardere basculat, axele s-au deformat din cauza temperaturilor neașteptat de ridicate. Debitul de aer insuflat sub grătar, care avea și rolul de răcire a grătarului, a fost insuficient, întrucît instalația de aer terțiar era racordată la inelul de aer primar, care nu realiza presiunea de proiect. Răcirea prin interior a axelor cu apă adusă printr-o instalație specială și prevederea ventilatoarelor proprii de aer terțiar au permis ulterior funcționarea în siguranță a grătarului de postardere.

Rotirea cu 90° a axelor grătarului pentru basculare se face cu un sistem de pîrghii paralelogram (9), acționate de către pistoanele cilindrilor (8) cu presiune de condensat. Lichidul

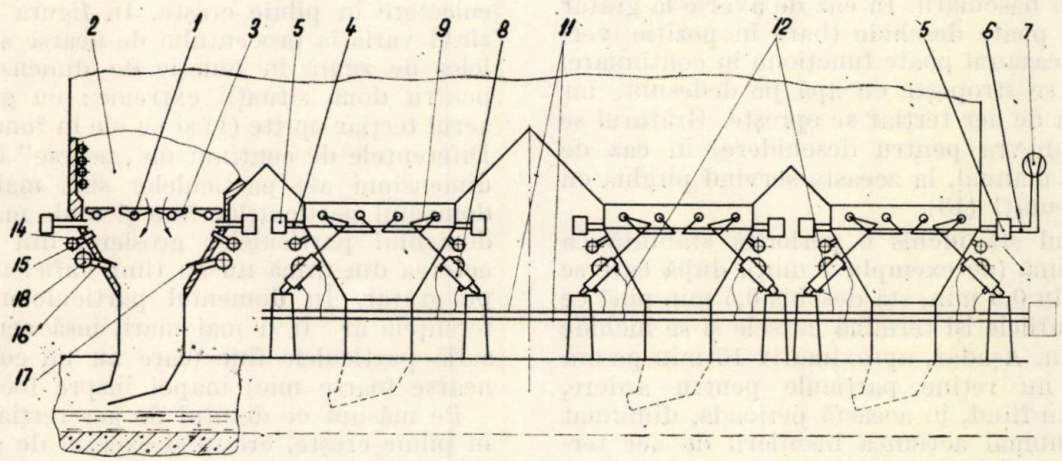


Fig. 5. Grătarul de postardere basculant. Amplasarea instalațiilor auxiliare. (The tiltable after-burning grate : auxiliary installations location).

este distribuit printr-un sistem de electroventile comandat automat, secvențial, care introduce presiune pe rînd (la intervale de timp re-

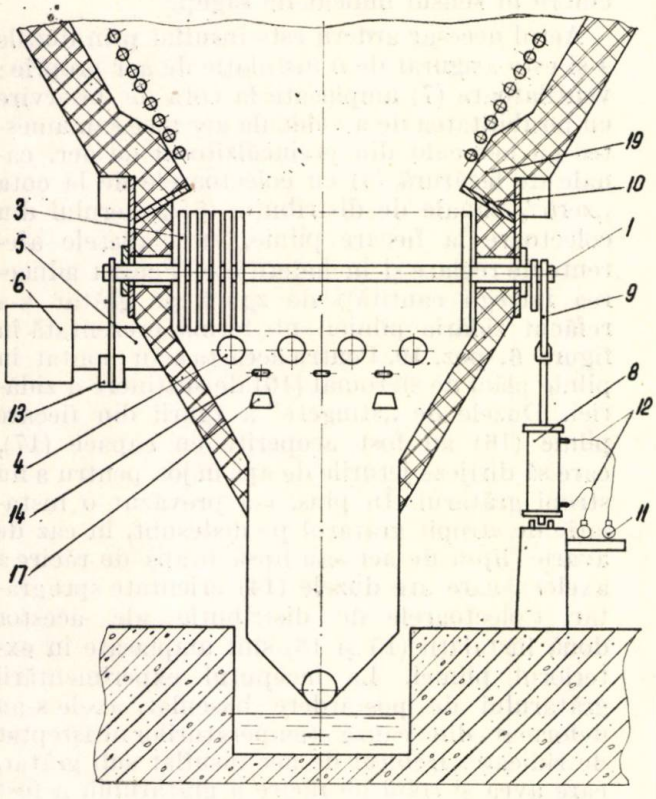


Fig. 6. Secțiune longitudinală printr-o pîlnie în care este amplasat grătarul de postardere basculant. (Longitudinal section through a funnel where the tiltable after-burning grate is located).

glabile, stabilite în funcție de necesități) în conductele (11) și apoi prin furtunele rezistente la presiune (12) în cilindrii de acționare.

Pentru menținerea unei funcționări sigure s-a prevăzut semnalizarea lipsei de răcire a axelor (presiune minimă) și a blocării grătarului printr-un releu de timp reglabil care anunță întîrzierea basculării. În caz de avarie la grătar acesta se poate deschide (bare în poziție verticală) și cazanul poate funcționa în continuare. Grătarul se stropește cu apă pe dedesubt, iar insuflarea de aer terțiar se oprește. Grătarul se poate manevra pentru deschidere, în caz de avarie, și manual, la aceasta servind pîrghia cu contragreutăți (13).

Grătarul stă închis o perioadă stabilită ca fiind optimă (de exemplu 7 min), după care se deschide în 0,5 min, stă deschis 0,5 min pînă ce electroventilele își termină cursele și se închide în 0,5 min. Așadar, aproximativ 10 min pe oră grătarul nu reține particule pentru ardere, efectul său fiind, în această perioadă, diminuat (rămîne numai acțiunea insuflării de aer terțiar). Particulele de zgură căzute pe grătar cu puțin înaintea basculării nu au timp să-și definitiveze arderea și din această cauză eficiența grătarului este într-o mică măsură diminuată.

5. Performanțele grătarului și optimizarea funcționării

În perioada de punere la punct a funcționării grătarului s-au efectuat experimentări cu un număr diferit de mori (4,5 sau 6), în care s-a urmărit optimizarea funcționării lui în funcție de debitul de aer terțiar insuflat și de durata de staționare a grătarului pe poziția „închis".

Cantitatea de zgură care cade în pîlnia rece (și implicit gradul de reținere al focarului) se micșorează odată cu mărirea debitului de aer terțiar insuflat (fig. 7). Curba s-a trasat pentru situația cu grătarul de postardere „deschis".

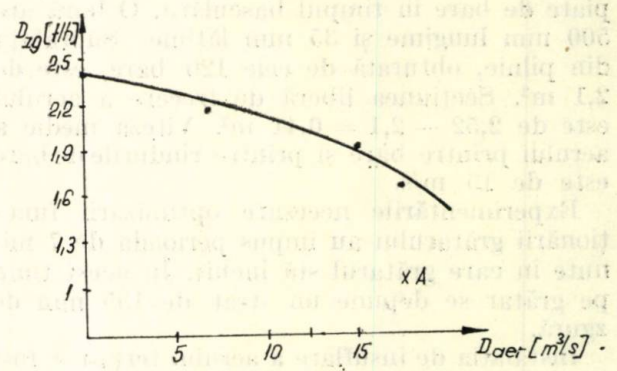


Fig. 7. Variația cantității de zgură căzute în pîlnia 1 în funcție de cantitatea de aer terțiar insuflat (grătar oprit); punctul A reprezintă situația cu grătar de postardere în funcțiune. (The variation of the slag quantity fallen in funnel 1 depending on the blasted tertiary air quantity (grate closed); point A shows the situation with the after-burning grate in operation).

Punîndu-se în funcțiune grătarul, efectul insuflării de aer terțiar asupra scăderii debitului de zgură crește (punctul A).

Procentul de nearse în zgură scade odată cu creșterea debitului de aer terțiar insuflat [2], iar diametrul caracteristic al probelor de zgură colectate în pîlnie crește. În figura 8 se prezintă variația procentului de nearse al particulelor de zgură în funcție de dimensiunea lor, pentru două situații extreme: cu grătarul și aerul terțiar oprite (1) și cu ele în funcțiune (2). Diferențele de conținut de „nearse" la aceleași dimensiuni ale particulelor sînt mai mari în domeniul particulelor fine și mult mai mici în domeniul particulelor grosiere, din cauză că acestea din urmă nu au timp suficient să ardă pe grătar. În domeniul particulelor fine diferențele ar fi și mai mari, însă aerul terțiar suflă particulele fine (care au un conținut de nearse foarte mic) înapoi înspre focar.

Pe măsură ce debitul de aer terțiar insuflat în pîlnie crește, crește și excesul de aer la coș și, odată cu acesta, și pierderile de căldură ale cazanului cu gazele de ardere evacuate q_2

(fig. 9). În exploatare s-a observat că se poate evita ușor creșterea pierderilor q_2 printr-o reglare atentă a arderii.

Debitul de aer terțiar influențează pozitiv arderea pe grătar, temperatura flăcării cres-

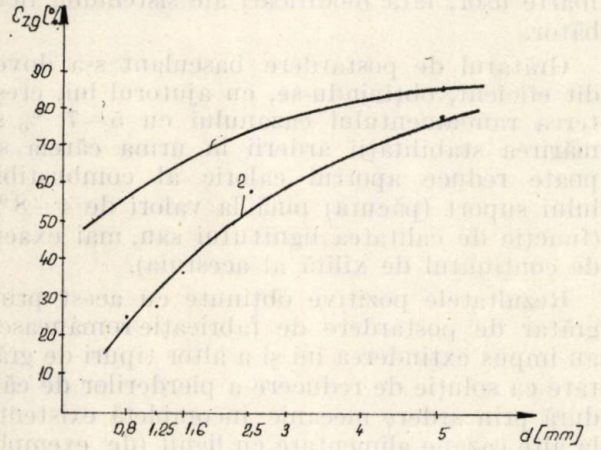


Fig. 8. Variația procentului de nearse în funcție de dimensiunea particulei de zgură: 1 — cu grătarul (și aerul terțiar) oprit; 2 — cu grătarul în funcțiune. (The variation of the unburnt matters content depending on the slag particle dimensions; 1 — with stopped grate (and tertiary air); 2 — with operating grate).

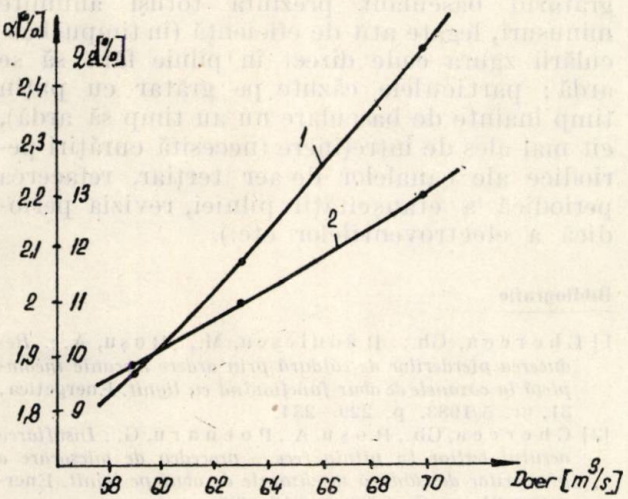


Fig. 9. Variația excesului de aer la coș α (1) și pierderilor de căldură cu gazele de ardere q_2(2) în funcție de debitul de aer terțiar (fără modificarea debitului de aer al arzătoarelor). (The variation of the air excess at the stack α (1) and the heat losses with flue gases q_2 (2) depending on the tertiary air flow (no changes in the burners' air flow)).

cînd odată cu creșterea debitului de aer, așa cum reiese din figura 10. Temperatura flăcării pe grătar este influențată și de intervalul între două basculări succesive, nivelul acesteia crescînd pe măsură ce se amînă basculare a (fig. 11 a).

În schimb, mărirea excesivă a intervalului dintre două basculări nu duce la o scădere continuă a procentului de nearse în zgură (fig. 11 b), întrucît dacă un interval prea mic nu oferă timpul necesar arderii zgurei, un interval prea mare determină creșterea stratului de zgură, care împiedică pătrunderea aerului și arderea zgurei în mod corespunzător. Optimul arderii pe grătar are loc la intervale de basculare de

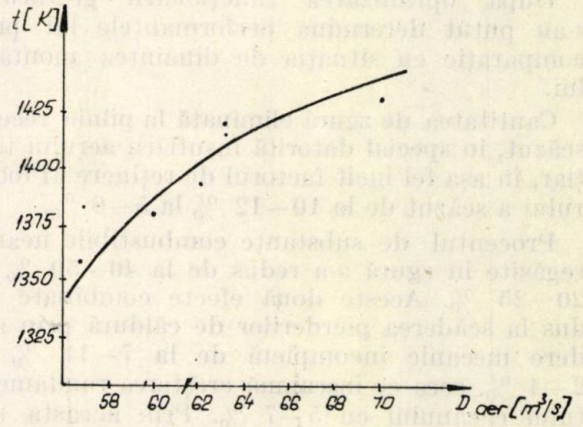


Fig. 10. Variația temperaturii flăcării pe grătar în funcție de debitul de aer terțiar. (The variation of the flame temperature on the grate depending on the tertiary air flow).

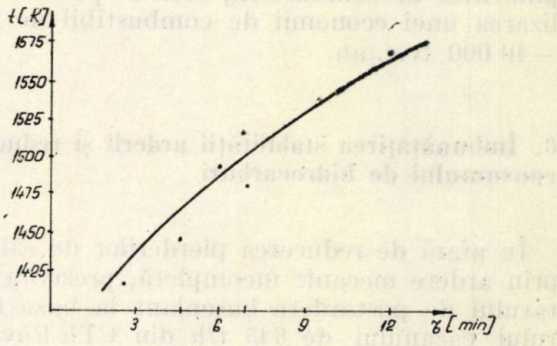


Fig. 11 a. Variația temperaturii flăcării pe grătar în funcție de durata de staționare a grătarului pe poziția „închis". (The variation of the flame temperature on the grate depending on its operational time).

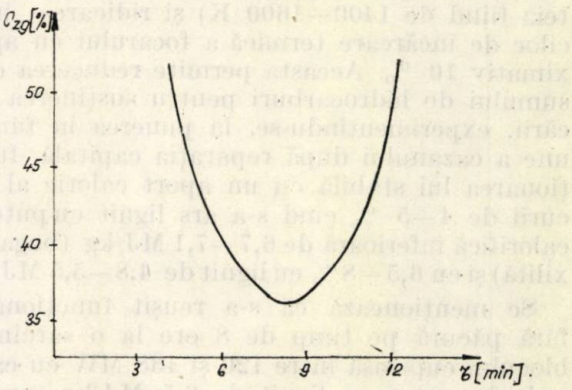


Fig. 11 b. Variația conținutului de nearse în zgură în funcție de durata de staționare a grătarului pe poziția „închis". (The variation of the unburnt matters in the slag depending on its operational time).

aproximativ 10 min (7—8 min cu grătarul „închis" și 1,5—2 min durata necesară „deschiderii" și „închiderii" grătarului).

Valoarea optimă a debitului de aer terțiar, din punctul de vedere al cazanului, s-a stabilit la cifra de 180 000 Nm³/h, ceea ce reprezintă 20 % din debitul de aer al cazanului, confirmînd teoria expusă anterior [4].

După optimizarea funcționării grătarului s-au putut determina performanțele lui prin comparație cu situația de dinaintea montării lui.

Cantitatea de zgură eliminată la pîlnia rece a scăzut, în special datorită insuflării aerului terțiar, în așa fel încît factorul de reținere al focarului a scăzut de la 10—12 % la 5—6 %.

Procentul de substanțe combustibile nearse regăsite în zgură s-a redus de la 40—50 % la 20—25 %. Aceste două efecte combinate au dus la scăderea pierderilor de căldură prin ardere mecanic incompletă de la 7—11 % la 2—4 %, ceea ce înseamnă creșterea randamentului cazanului cu 5—7 %. Prin aceasta s-a mărit puterea blocului cu 6—12 MW(valoare care depinde de calitatea lignitului și, mai precis, de conținutul de xilită), fără consum suplimentar de combustibil, ceea ce permite realizarea unei economii de combustibil de 25—40 000 tc.e./an.

6. Îmbunătățirea stabilității arderii și reducerea consumului de hidrocarburi

În afară de reducerea pierderilor de căldură prin ardere mecanic incompletă, prezența grătarului de postardere basculant la baza focarului cazanului de 645 t/h din CTE Rovinari mărește stabilitatea arderii prin îmbunătățirea condițiilor de aprindere a particulelor de praf de lignit (datorită excesului de aer la grătar și radiației flăcării de pe grătar, temperatura acesteia fiind de 1400—1600 K) și ridicarea indicilor de încărcare termică a focarului cu aproximativ 10 %. Aceasta permite reducerea consumului de hidrocarburi pentru susținerea flăcării, experimentîndu-se, la punerea în funcțiune a cazanului după reparația capitală, funcționarea lui stabilă cu un aport caloric al păcurii de 4—5 % cînd s-a ars lignit cu puterea calorifică inferioară de 6,7—7,1 MJ/kg (bogat în xilită) și cu 6,5—8 % cu lignit de 4,8—5,5 MJ/kg.

Se menționează că s-a reușit funcționarea fără păcură pe timp de 8 ore la o sarcină a blocului cuprinsă între 120 și 138 MW cu cazanul alimentat cu lignit de 6,5 MJ/kg (umiditatea 43,5 % și cenușa la masa inițială 25 %). La începutul experimentării s-a funcționat cu șase mori , iar la declanșarea unei mori s-a menținut flacăra stabilă, nefiind necesară introducerea păcurii pentru susținere. În acest timp combustibilul a avut o calitate relativ constantă.

7. Concluzii

La cazanele de 645 t/h din CTE Rovinari care au pîlnia rece împărțită în patru compartimente, adaptarea pentru introducerea de grătare de postardere de tipul basculant s-a făcut foarte ușor, fără modificări ale sistemului fierbător.

Grătarul de postardere basculant s-a dovedit eficient, obținîndu-se, cu ajutorul lui, creșterea randamentului cazanului cu 5—7 % și mărirea stabilității arderii în urma căreia se poate reduce aportul caloric al combustibilului suport (păcura) pînă la valori de 4—8% (funcție de calitatea lignitului sau, mai exact, de conținutul de xilită al acestuia).

Rezultatele pozitive obținute cu acest prim grătar de postardere de fabricație românească au impus extinderea lui și a altor tipuri de grătare ca soluție de reducere a pierderilor de căldură prin ardere mecanic incompletă existente la alte cazane alimentate cu lignit (de exemplu cazanul G 330 din CET Işalnița, cazanul de 1035 t/h din CTE Rovinari și CTE Turceni și cazanul de 420 t/h din CET Borzești II) la care s-a obținut și reducerea consumului de hidrocarburi ca suport de flacără.

Față de alte tipuri de grătare de postardere grătarul basculant prezintă totuși anumite minusuri, legate atît de eficiență (în timpul basculării zgura cade direct în pîlnie fără să se ardă; particulele căzute pe grătar cu puțin timp înainte de basculare nu au timp să ardă), cît mai ales de întreținere (necesită curățiri periodice ale canalelor de aer terțiar, refacerea periodică a etanșeității pîlniei, revizia periodică a electroventilelor etc.).

Bibliografie

1] Chercea, Gh., Rădulescu, M., Roșu, A.: *Reducerea pierderilor de căldură prin ardere mecanic incompletă la cazanele de abur funcționînd cu lignit.* Energetica, 31, nr. 5/1983, p. 229—234.

[2] Chercea, Gh., Roșu, A., Poenaru, G.: *Insuflarea aerului terțiar în pîlnia rece — procedeu de micșorare a pierderilor de căldură la cazanele de abur pe lignit.* Energetica 31, nr. 7—8/83, p. 318—323.

[3] * * * *Îmbunătățirea funcționării cazanelor de la IE Rovinari (etapa I) ca urmare a înlocuirii conductelor de praf de cărbune.* Lucrare ICEMENERG — 1977.

[4] Pál Sándor — *A visontai lignit néhány tüzeléstechnikai problémája és azok megoldása* (*Unele probleme ale tehnicii arderii lignitului de Visonta și soluționarea lor*). Energia es Atomtechnika XXXV, nr. 7 — 1972 — pag. 322.

[5] * * * *Cercetări pe model și elaborarea temei de proiectare pentru grătarul de postardere la cazanul de 645 t/h din CTE Rovinari.* Lucrare ICEMENERG — 1976.

[6] Davidson, I. F., Harrison, D.: *Psevdoojijenie,* Izd. Himia, Moskova, 1974.

[7] * * * *Cercetări privind determinarea eficienței grătarului de postardere basculant la cazanul de 645 t/h din CTE Rovinari.* Lucrare ICEMENERG — 1979.

[8] Idelcik, I. E.: *Sprovocinik po ghidravliceskim soprotivleniam,* Izd. Mașinostroienie, Moskva, 1975.

(Primit la 2 aprilie 1983, acceptat la 19 mai 1983)

Identificarea modelului sistemului de reglare automată a excitaţiei din răspunsul indicial

Dr. ing. H. Cristea, mat. L. Bilegan *)

Introducere

Sistemele de reglare automată a excitaţiei (SRAE) utilizate în calculele de stabilitate a SEN sînt, cu cîteva excepţii, considerate liniare şi invariante pentru mici perturbaţii. Identificarea modelelor SRAE pentru cazul tratat se face pe baza studiului relaţiei intrare-ieşire şi al proprietăţilor fizice ale sistemului, parcurgîndu-se ambele etape de cunoaştere, structura şi parametrii acestuia.

Prima problemă de rezolvat o constituie determinarea evoluţiei semnalului de ieşire $y(t)$, funcţie de evoluţia în timp a semnalului de intrare $u(t)$ şi de proprietăţile fizice ale sistemului. În lipsa unor relaţii analitice explicite în timp între mărimile intrare-ieşire se recurge la experiment direct în proces sau pe model.

A doua problemă de rezolvat este aceea a prelucrării rezultatelor experimentale (a răspunsului), procedînd la identificarea de structură şi parametrică.

1. Înregistrarea răspunsului sistemului

Pentru demonstraţie se înregistrează răspunsul la semnalul determinist de probă treaptă, ştiind de la început că în cazul de faţă nu este recomandat, fiind vorba de un proces cu constante de timp mici. În cunoştinţă de cauză asupra erorilor de metodă semnalul treaptă se aplică sistemului în circuit închis, considerînd că este singura posibilitate pe care o poate oferi condiţiile de exploatare ale generatorului.

Sistemul de excitaţie astfel identificat este de tip electronic şi echipează generatorul TH-60-2 [1]. Semnalul treaptă aplicat cu generatorul funcţionînd în gol a fost simulat prin şuntarea şi deşuntarea unei rezistenţe montată în bucla de tensiune a SRAE, echivalentă cu un salt de tensiune U_0 egal cu +2,325 %.

Schema echivalentă a SRAE identificat este prezentată în figura 1.

Injecţia semnalului salt de probă direct în bucla de tensiune a SRAE este matematic echivalentă cu situaţia în care acesta ar fi fost introdus în discriminatorul de eroare în paralel cu celelalte semnale de intrare, afirmaţie ce îşi găseşte explicaţia în expresia ordinului de reglaj :

$$X(t) = U_0 - [U(t) - u(t)] = [U_0 - u(t)] - U(t) \qquad (1.1.)$$

Răspunsul indicial al SRAE generator TH-60-2, înregistrat direct în proces cu grupul funcţionînd în gol [1], este prezentat în figura 2.

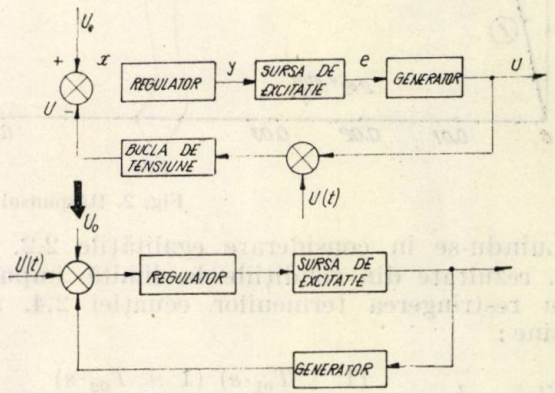


Fig. 1. Schema echivalentă a SRAE, circuit închis.

2. Determinarea structurii modelului SRAE

Analizînd forma răspunsului indicial obţinut experimental se constată că acesta se poate modela analitic prin suma a trei exponenţiale, avînd expresia analitică :

$$y(t) = h_{01}\, l^{-\frac{1}{T_1}t} + h_{02}\, l^{-\frac{1}{T_2}t} + h_{03}\,(1 - l^{-\frac{1}{T_3}t}) \qquad (2.1.)$$

Aplicînd răspunsului indicial teorema valorii iniţiale şi finale, rezultă următoarele relaţii între coeficienţii răspunsului indicial :

$$y(0) = h_{01} + h_{02} = 0 \Rightarrow h_{01} = -h_{02} \qquad (2.2)$$

$$y(\infty) = h_{03} \qquad (2.3.)$$

Condiţiile impuse mai sus exprimă matematic identitatea valorilor iniţiale şi finale ale răspunsului real al sistemului şi modelului SRAE.

Trecînd din domeniul timp în domeniul Laplace se obţine, pentru răspunsul indicial, expresia :

$$Y(s) = \frac{h_{01}\cdot T_1}{1 + T_1 s} + \frac{h_{02}\cdot T_2}{1 + T_2 s} + \frac{h_{03}}{s(1 + T_3 s)} \qquad (2.4.)$$

*) Dr. ing. H. Cristea este cercetător principal II la ICEMENERG, mat. L. Bilegan este cercetător principal III la acelaşi institutut.

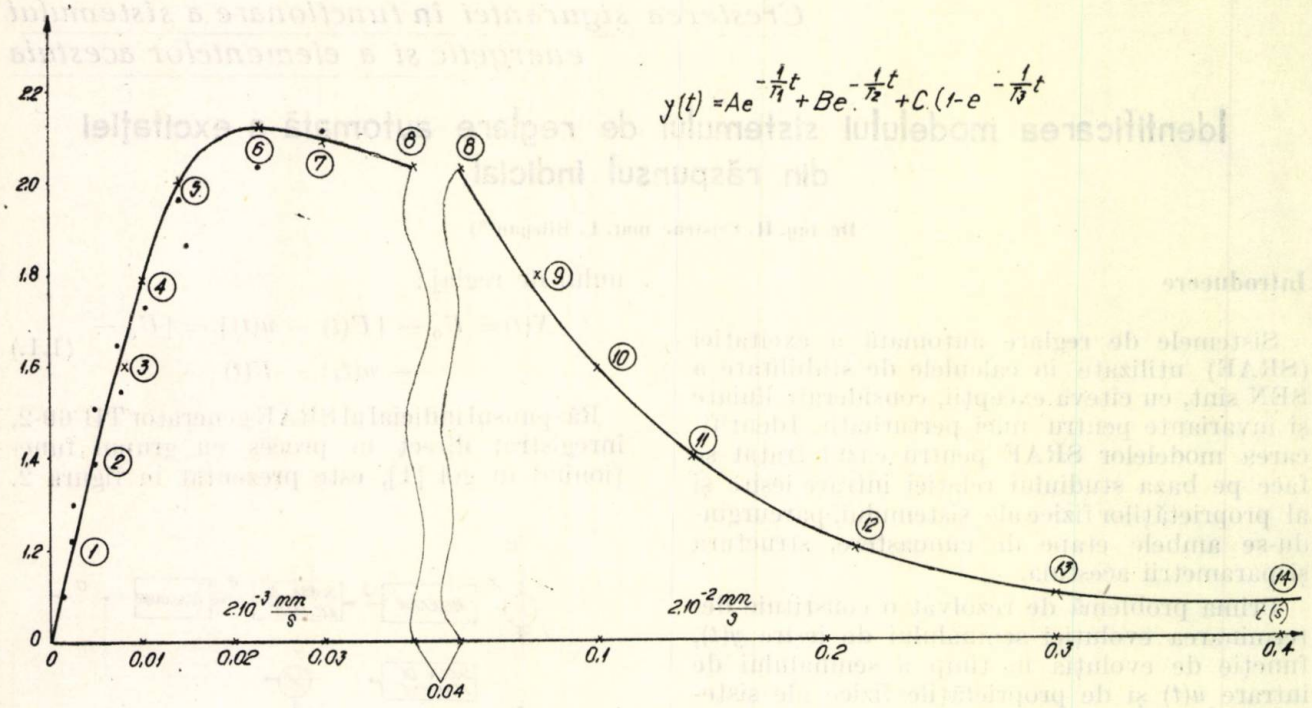


Fig. 2. Răspunsul indicial al SRAE generator.

Luîndu-se în considerare egalităţile 2.2. şi 2.3. rezultate din condiţiile la limită impuse prin restrîngerea termenilor ecuaţiei 2.4. se obţine:

$$Y(s) = h_{03} \frac{(1 + T_{01} \cdot s)\ (1 + T_{02} \cdot s)}{(1 + T_1 s)\,(1 + T_2 s)\,(1 + T_3 s) \cdot s}, \tag{2.5.}$$

unde T_{01} şi T_{02} sînt soluţiile ecuaţiei de gradul 2 în s: $as^2 + bs + 1 = 0$, în care:

$$a = \frac{A(T_1\,T_3 - T_2\,T_3) + CT_1\,T_2}{C};$$

$$b = \frac{A(T_1 - T_2)\,s}{C}$$

Perturbaţia treaptă aplicată, al cărui efect este răspunsul indicial obţinut, are expresia:

— în domeniul timp:

$$u(t) = \begin{cases} 0 \text{ pentru } t < 0 \\ u_0 \text{ pentru } t \geqslant 0 \end{cases} \tag{2.6.}$$

— în domeniul Laplace:

$$u(s) = u_0 \frac{1}{s}$$

În conformitate cu relaţiile echivalente ieşire intrare în sistem, evoluţia în domeniul timp:

$$y(t) = h(t) \times u(t) \tag{2.7.}$$

se transpune în produs între transformatele Laplace ale componentelor:

$$Y(s) = H(s) \cdot U(s) \tag{2.8.}$$

Din relaţia 2.8. rezultă expresia funcţiei de transfer a sistemului:

$$H(s) = \frac{Y(s)}{u(s)} = K \frac{(1 + T_{01} \cdot s)\,(1 + T_{02} s)}{(1 + T_1 s)\,(1 + T_2 s)\,(1 + T_3 s)}$$

Prin descompunerea expresiei funcţiei de transfer, conform schemei bloc funcţionale din figura 1, se obţine structura modelului SRAE generator (fig. 3), identificată din forma răspunsului indicial rezultat dintr-o primă iteraţie. După identificarea parametrică şi aplicarea criteriului de eroare dintre răspunsul real şi răspunsul pe model se efectuează un număr de iteraţii de identificare de structură şi parametrică pînă ce este satisfăcut criteriul de eroare dintre răspunsul real şi cel de pe model.

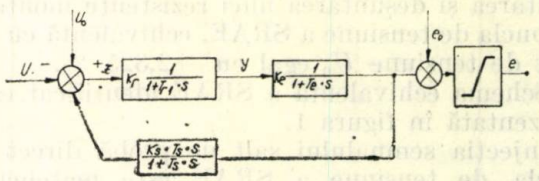


Fig. 3. Structura modelului SRAE generator TH — 60 — 2.

3. Parametrii modelului SRAE

Pentru determinarea parametrilor modelului SRAE, care să dea un răspuns indicial cît mai apropiat de cel real, se utilizează o serie de artificii matematice, fiind posibil de aplicat dato-

rită formei aproape clasice, relativ simplă, a răspunsului indicial real. Pentru determinarea relațiilor între parametrii necunoscuți se impun o serie de condiții derivate din teoreme aplicabile în punctele caracteristice de incidență a modelului matematic al răspunsului cu cel real și anume:

a) Condiția de limită în origine:

$$y(0) = h_{01} + h_{02} = 0 \qquad (3.1.)$$

de unde rezultă:

$$h_{02} = -h_{01} \qquad (3.2.)$$

b) Condiția de limită în regim stabilizat:

$$y(\infty) = h_{03} \qquad (3.3.)$$

Din răspunsul real rezultă:

$$h_{03} = 0{,}07 \text{ [u.r.]} \qquad (3.4.)$$

Din analiza răspunsului se constată că valoarea practică stabilizată a răspunsului real este atinsă la $t = 0{,}45$ s, ceea ce poate reprezenta multiplu al constantei de timp a exponențialei dominante.

Deci se deduce:

$$T_3 = 0{,}45/3 = 0{,}15 \text{ [s]} \qquad (3.5.)$$

c) Condiția de egalitate a valorilor derivatelor în origine a modelului și a răspunsului real:

$$y'(0) = -h_{01}\frac{1}{T_1} - h_{02}\frac{1}{T_2} + h_{03}\frac{1}{T_3} \qquad (3.6.)$$

$$y'(0) = 168\,\frac{[\text{u.r.}]}{[\text{s}]}$$

Luîndu-se în considerare relațiile 3.2., 3.4. și 3.5., rezultă:

$$-h_{01}\frac{1}{T_1} + h_{01}\frac{1}{T_2} = +167\,533\,\frac{[\text{u.r.}]}{[\text{s}]} \qquad (3.7.)$$

d) Condiția de coincidență a punctelor de maxim ale modelului și ale răspunsului real:

$$y(t_M) = h_{01}\,l^{-\frac{1}{T_1}t_M} - h_{01}\,l^{-\frac{1}{T_2}t_M} + h_{03}\,l^{-\frac{1}{T_3}t_M} - h_{03}$$

$$y(t_M) = 1{,}3 \text{ [u.r.]} \qquad (3.8.)$$

Pentru $t_M = 0{,}0225$ s se obține:

$$h_{01}\,(l^{-\frac{1}{T_1}0{,}0225} - l^{-\frac{1}{T_2}0{,}0225}) = 1{,}12 \text{ [u.r.]} \qquad (3.9.)$$

e) Condiția de anulare a derivatei în punctu de maxim al modelului matematic și al răspunsului real conduce la:

$$y'(t_M) = -h_{01}\frac{1}{T_1}l^{-\frac{1}{T_1}t_M} + h_{01}\frac{1}{T_2}l^{-\frac{1}{T_2}t_M} + h_{03}\frac{1}{T_3}l^{-\frac{1}{T_3}t_M} = 0 \qquad (3.10.)$$

de unde rezultă:

$$-h_{01}\cdot\frac{1}{T_1}l^{-\frac{1}{T_1}0{,}0225} + h_{01}\frac{1}{T_2}l^{-\frac{1}{T_2}0{,}0225} = -0{,}402 \qquad (3.11.)$$

Pentru facilitarea urmăririi raționamentului în continuare se face substituția de variabile:

$$h_{01} = x;\ \frac{1}{T_1} = y;\ \frac{1}{T_2} = z \qquad (3.12)$$

Prin gruparea egalităților 3.7., 3.9. și 3.11. se obține un sistem de trei ecuații transcendente cu trei necunoscute x, y, z.

Ecuațiile transcendente care compun sistemul sînt:

$$\begin{cases} x(z-y) = y'(0) \\ x[l^{-y*0{,}0225} - l^{-z*0{,}0225}] = 1{,}12 \\ -x[yl^{-y*0{,}0225} - zl^{-z*0{,}0225}] = -0{,}402 \end{cases} \qquad (3.13.)$$

Sistemul se transformă în:

$$\begin{cases} l^{-y*0{,}0225} - l^{-z*0{,}0225} = \dfrac{1{,}12}{y'(0)}(z-y) \\ yl^{-y*0{,}0225} - zl^{-z*0{,}0225} = \dfrac{0{,}402}{y'(0)}(z-y) \end{cases} \qquad (3.14)$$

Metoda numerică de rezolvare conduce la analiza punctelor simetrice de pe graficele curbelor de ecuații $f_1(t)$ și $f_2(t)$:

$$\begin{cases} f_1(t) = l^{-t\ 0{,}0225} + \dfrac{1{,}12}{y'(0)}t \\ f_2(t) = l^{-t\ 0{,}0225} + \dfrac{0{,}402}{y'(0)}t \end{cases}$$

Soluția sistemului, reprezentată de perechea $[y; z]$ satisface condiția de simetrie în sensul $f_1(y) = f_1(z)$; $f_2(y) = f_2(z)$; această condiție este îndeplinită numai pentru o alegere convenabilă a pantei $y'(0)$, care să realizeze o apropiere suficient de bună (în funcție de precizia dorită) a extremelor celor două funcții $f_1(t)$ și $f_2(t)$, în așa fel încît abscisele punctelor simetrice să poată fi localizate într-o zonă cît mai restrînsă, de aceeași parte a semiaxei pozitive.

Din reprezentarea grafică a curbelor $f_1(t)$ și $f_2(t)$ în două cazuri diferite de alegere a valorii $y'(0)$ rezultă că metoda este rapidă și conduce la soluții în condițiile în care coordonatele, punctele de maxim și minim au aceeași abscisă, soluțiile sistemului $(y\,;\,z)$ situîndu-se în jurul acesteia, de aceeași parte a semiaxei pozitive. În acest mod se realizează și condiția de relație de ordine $z \geqslant y > 0$, impusă de natura celor două ecuații exponențiale.

În figura 4 este prezentată soluționarea grafică a sistemului 4.11., cu alegerea convenabilă a valorii $y'(0)$, așa încît să conducă la poziționarea extremelor $f_2(t_M)$ și $f_1(t_m)$ aproape pe aceeași verticală.

Alegerea soluțiilor $(y\,;z)$ se face respectînd condiția necesară :

$$f_1(y) = f_1(z)$$

$$f_2(y) = f_2(z)$$

admițînd o abatere $z_1 \simeq z_2$ sau $y_1 \simeq y_2$.

Pentru ca soluția să fie bine determinată este suficient ca din soluțiile posibile să se aleagă acea pereche $(y\,;z)$ care să aproximeze cel mai bine curba de ecuație 2.1.

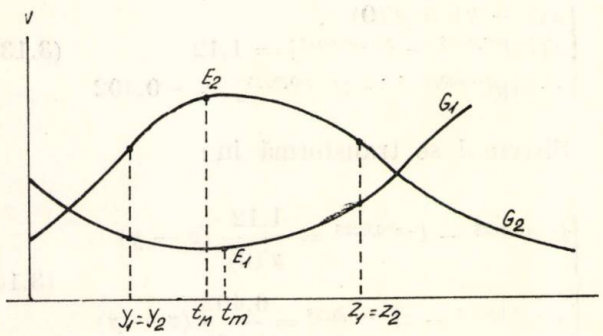


Fig. 4.

Figura 5 reprezintă grafic cazul sistemului 3.14. la o alegere necorespunzătoare a pantei în origine, ceea ce conduce, practic, la inexistența soluțiilor.

Alegerea valorii $\mathrm{tg}\alpha$ este mai dificilă în cazul unghiului $\alpha > 80$, cînd valorile variază de la $3 \div \infty$ pentru variații ale unghiului de ordinul secundelor. În figura 5 panta în origine are valoarea 80, iar în figura 4 are valoarea 168, la o variație a unghiului α de numai 10′. În cazul din figura 4, $\alpha = 89°20'$, iar în cazul din figura 5, $\alpha = 89°10'$.

Metodologia adoptată și transpusă cu ajutorul limbajului FORTRAN în programul de calcul SISRAE a condus la determinarea lui $\mathrm{tg}\alpha = y'(0)$ din relația 3.6. și egal cu 168,5334.

$$h_{01} = 1{,}41\,;\ \frac{1}{T_1} = 9\,;\ \frac{1}{T_2} = 129$$

Pentru aceste valori ecuația 2.1. devine :

$$y_M(t) = 1{,}41\ l^{-9t} - 1{,}41\ l^{-129t} + 0{,}07\ (1 - l^{t/0{,}15}) \tag{3.16}$$

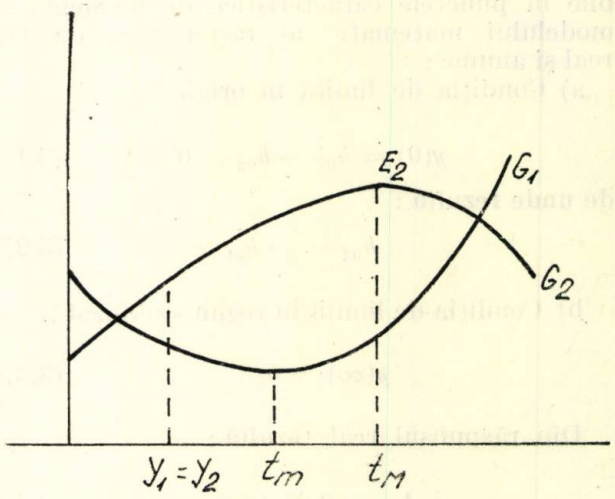


Fig. 5.

Parametrii modelului matematic sînt următorii :

$$h_{01} = 1{,}41\,;\ h_{02} = -1{,}41\,;\ h_{03} = 0{,}07$$

$$T_1 = 0{,}111\,;\ T_2 = 0{,}00775\,;\ T_3 = 0{,}15$$

Înlocuindu-se parametrii astfel determinați în relația 2.1. modelul matematic al răspunsului are expresia :

$$y_M(t) = 1{,}41\ l^{-\frac{1}{0{,}111}t} - 1{,}41\ l^{-\frac{1}{0{,}008}t} + 0{,}07(1 - l^{-\frac{1}{0{,}15}t}) \tag{3.17}$$

Prin trecerea din domeniul timp în domeniul Laplace expresia 3.16. devine :

$$Y_M(s) = \frac{1{,}41 \times 0{,}111}{1 + 0{,}0111 \cdot s} - \frac{1{,}41 \times 0{,}008}{1 + 0{,}008\ s} + \frac{0{,}07}{s(1 + 0{,}15\ s)} \tag{3.18}$$

Scris sub formă restrînsă răspunsul indicial capătă expresia :

$$Y_M(s) = \frac{(1 + T_4 s)\,(1 + T_5 s)}{s(1 + T_1 s)\ (1 + T_2 s)\ (1 + T_3 s)} \times Y(0) \tag{3.19}$$

în care s-a calculat :

$$K_R = \frac{Y(0)}{u(0)} = \frac{0{,}07}{0{,}02325} = 3{,}01\ [\text{u.r.}]$$

$$T_1 = 0{,}111\ [\text{s}] \quad T_4 = 1/0{,}4263 = 2{,}337\ [\text{s}]$$

$$T_2 = 0{,}008\ [\text{s}] \quad T_5 = 1/5{,}927 = 0{,}1687\ [\text{s}]$$

$$T_3 = 0{,}15\ [\text{s}]$$

Perturbaţia treaptă $u(t)$ în urma aplicării căreia s-a obţinut răspunsul indicial modelat analitic se exprimă matematic prin relaţia:

$$u(t) = \begin{cases} 0, \text{ pentru } t < 0 \\ 0{,}02325, \text{ pentu } t \geqslant 0 \end{cases}$$

iar în domeniul Laplace:

$$u(s) = \frac{u_0}{s} = 0{,}02325 \frac{1}{s} \text{ [u.r.]}$$

În acest caz funcţia de transfer a sistemului identificat se deduce din raportul transformatelor Laplace ale mărimilor $[y(s)]$ şi $[u(s)]$:

$$\frac{[y(s)]}{[u(s)]} = k_r \cdot \frac{(1 + T_4 s)(1 + T_5 s)}{(1 + T_1 s)(1 + T_2 s)(1 + T_3 s)} \quad (3.20.)$$

Schema echivalentă a sistemului în circuit închis este dată în figura 6.

Expresia analitică echivalentă a fucţiei de transfer are forma:

$$H(s) = \frac{k_r}{1 + k_r \cdot k_G} \cdot \frac{(1 + T_G s)(1 + T_5 s)}{1 + \left(\frac{T_{r1} + T_{r2} + T_G + T_S k_r k_G}{1 + k_r k_G} \right) s + \frac{[T_{r1} T_{r2} + T_G (T_{r1} + T_{r2})] s^2}{1 + k_r k_G} + \frac{T_{r1} \cdot T_{r2} T_G s^3}{1 + k_r + k_G}} \quad (3.21.)$$

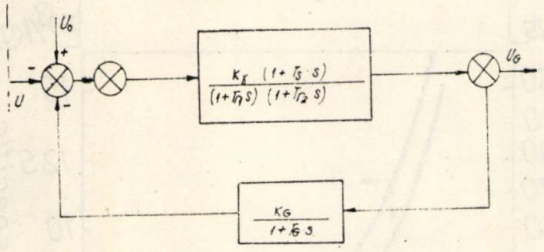


Fig. 6. Schema echivalentă a sistemului în circuit închis.

Se adoptă următoarele notaţii de variabile:
a) cunoscute: $K_R = 3.01$ [u.r.]

$$T_G = 2.3376 \text{ [s]}$$

$$T_S = 0.1687 \text{ [s]}$$

b) necunoscute:

$$x = k_r \cdot k_G$$

$$y = T_{r1} + T_{r2}$$

$$z = T_{r1} \cdot T_{r2}$$

Prin înlocuirea corespunzătoare, în expresia 3.21. şi identificarea termen cu termen în expresia echivalentă 3.19. se obţine un sistem liniar de trei ecuaţii cu trei necunoscute, avînd soluţiile:

$x = 22{,}6567$; $y = 0{,}188673$; $z = 0{,}00132$.

Cu aceste soluţii se calculează parametrii modelului SRAE, obţinîndu-se valorile:

$$k_r = 7 \text{ [u.r.]}; \quad T_{r1} = 0{,}1814 \text{ [s]};$$

$$T_{r2} = 0{,}0073 \text{ [s]}; \quad T_s = 0{,}1687 \text{ [s]}.$$

4. Concluzii

Identificarea modelelor SRAE cu semnal treaptă poate fi efectuată cu grupul energetic funcţionînd în regim normal, prin înregistrarea cît mai corectă a răspunsului indicial.

Prelucrarea matematică a răspunsului indicial pentru obţinerea funcţiei de transfer a modelului SRAE ca metodologie are cîteva etape obligatorii şi anume:

— estimarea cît mai exactă a structurii modelului şi reprezentarea acestuia într-o serie de funcţii exponenţiale;
— stabilirea criteriilor de eroare statică şi dinamică minime între răspunsul indicial, determinat experimental, şi cel obţinut pe model;
— rezolvarea unor sisteme de ecuaţii transcendente, obţinute în procesul de prelucrare matematică.

Pentru cazul tratat în lucrare se constată existenţa unor erori acceptabile între răspunsul pe model şi cel experimental, şi anume:

a) condiţii de limite în vigoare, $\varepsilon = 0$;
b) condiţii de limită în regim stabilizat, $\varepsilon = 0$;
c) condiţia egalităţii derivatelor în origine, $\varepsilon = 10^{-5}$;
d) condiţia de coincidenţă a punctelor de maximum, $\varepsilon = 1{,}78\%$;
e) condiţia de anulare a derivatei în punctul de maxim, $\varepsilon = 10^{-3}$.

Bibliografie

[1] Cristea, H. şi Nechita, N.: *Studiu privind oportunitatea determinării prin identificare a parametrilor şi caracteristicilor echivalente ale elementelor şi subansamblurilor SEN.* Lucrare ICEMENERG, nr. 95.336.

[2] Popovici, M. şi Liţă, M.: *Asistenţă tehnică privind comportarea sistemelor de reglaj ale turbinelor din centralele IE Bucureşti.* Lucrare ICEMENERG, nr. 88198/1978.

[3] Cristea, H., Fecioru, I. ş.a.: *Identificarea parametrilor generatoarelor, modelelor SRAE şi SRAV adoptate în calculul regimurilor pentru grupuri energetice.* Lucrare ICEMENERG, nr. 15408/1980.

[4] * * * PE 509/1975, *Instrucţiuni privind probele funcţionale ale sistemelor de reglare automată a tensiunii şi vitezei grupurilor energetice* M.E.E., 1975.

[5] . .* * *Cade international d'essai des regulateurs de viteses pour turbines hydrauliques*, Publication 308/1970.

(Primit la 4 iunie 1982, acceptat la 11 ianuarie 1983)

Sisteme de răcire uscată și sisteme combinate de răcire aplicate în centralele termoelectrice

Dr. ing. A. Nabijovici*)

Utilizarea cît mai judicioasă a materiilor prime și materialelor, tendință ce caracterizează etapa actuală, ca și lipsa unor astfel de materii prime și materiale, a pus în fața tehnicienilor problema găsirii unor înlocuitori sau reconsiderarea unor procedee tehnologice cunoscute de mult, dar mai puțin aplicate în practică. În energetică, pe lîngă problema deosebit de actuală a combustibilului, își face loc din ce în ce mai mult problema apei de răcire necesară centralelor termoelectrice, atît ca urmare a creșterii puterilor unitare ale grupurilor turbogeneratoare, cît și a dezvoltării energetice în țările care nu dispun de suficientă apă, în cazul amplasării acestor centrale în alte zone decît în vecinătatea mărilor sau oceanelor. În acest domeniu are loc o reconsiderare a sistemelor de răcire cu aer în scopul reducerii la minimum a consumului de apă pentru răcirea condensatoarelor sau înlocuirii complete a apei cu aer. În acest domeniu există numeroase studii destinate atît centralelor clasice, cît și celor nucleare, avînd drept scop optimizarea sau stabilirea zonei economice de utilizare a acestui sistem, apărînd chiar sisteme noi, combinații între sistemele uzuale cu apă și cele cu aer mai puțin utilizate.

În țara noastră utilizarea sistemului de răcire cu aer nu a fost luată în considerare pînă în prezent, dar, odată cu reconsiderarea cărbunelui ca un combustibil de bază, problema apare strîns legată de amplasarea centralelor pe baza cheltuielilor minime de transport al acestuia.

În cele ce urmează se vor trece în revistă unele aspecte legate de sistemul de răcire cu aplicație la un turboagregat de condensație de 150 MW.

1. Considerații generale privind presiunea de condensare

Fiecare sistem de răcire este caracterizat de un domeniu al presiunilor de eșapare din turbină, domeniu stabilit, printre altele, de temperatura agentului de răcire și de intervalul optim de încălzire a acestuia în instalațiile de răcire. Este evident că din acest punct de vedere, presiunile cele mai mari se întîlnesc în cazul sistemului de răcire închis cu turnuri de răcire uscate, fiind urmat de răcire în circuit închis cu turnuri de răcire umede și apoi de circuitul de răcire deschis.

La proiectarea instalațiilor alegerea acestor presiuni face obiectul unor studii tehnico-economice aprofundate, dar se pot remarca cîteva aspecte calitative legate de influența asupra funcționalității turbinei. Variația presiunii la ieșirea din turbină are ca efect schimbarea vitezei aburului și a comportării ultimei trepte, proiectarea trebuind să aibă în vedere realizarea vitezelor optime (subsonice) de intrare a aburului și la un nivel corespunzător, astfel încît să nu apară la baza ultimei palete, destul de lungă în general, solicitări mecanice importante. Viteza axială în paletele rotorice, este un criteriu simplu pentru determinarea încărcării etajului și posibilității ca treptele să producă lucru negativ. Pentru o secțiune constantă de ieșire și un debit de abur constant, viteza aburului variază funcție de volumul specific (fig. 1) [1].

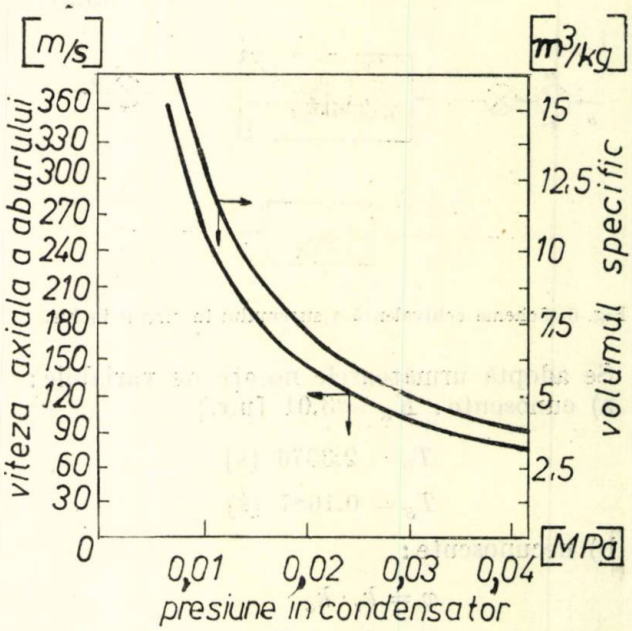


Fig. 1. Variația volumului specific și vitezei axiale ale aburului funcție de presiunea din condensator.

Mărirea presiunii de ieșire reduce puterea produsă pe ultima treaptă și mărește temperatura de ieșire, acest din urmă efect putînd constitui o limitare superioară a creșterii presiunii de ieșire. De asemenea, datorită echilibrului radial presiunea statică (între ajutaje și paletele în rotație) variază considerabil de

*) Dr. ing. A. Nabijovici este proiectant principal la ICSITEE — București.

la bază spre vîrful paletei. Baza paletei are practic o reacţie zero, reacţia crescînd progresiv ca urmare a mişcării radiale. Este important să se realizeze o reacţie pozitivă la baza paletelor ultimei trepte, în vederea evitării efectelor contrare ale difuziei în treaptă la creşterea presiunii finale. Dacă presiunea de ieşire creşte suficient, reacţia la bază devine negativă şi cresc pierderile, are loc la început o separare a debitului şi apoi o inversare a curgerii, cu un efect final de încălzire a treptei.

Dacă se micşorează presiunea, lucrul dezvoltat de treaptă creşte. Totuşi, fiecare descreştere succesivă a presiunii din condensator, duce din ce în ce la un cîştig mai mic de putere, ajungînd la un moment dat la o creştere zero a puterii, moment în care se consideră treapta „saturată".

Corpurile de joasă presiune cu randamente ridicate, cu difuzoare de ieşire, ating în general saturaţia la valori ale cifrei Mach cuprinse între 0,87—0,9.

Studiile efectuate de Westinghouse [1] au permis delimitarea unui domeniu de presiuni de funcţionare funcţie de numărul Mach şi debit, tocmai din considerentele expuse anterior. Acest domeniu este prezentat în figura 2.

Linia orizontală trasată pentru un debit de 73 000 kg/hm² intersectează curbele Mach în puncte care corespund punctului de saturaţie pentru fiecare cifră Mach. La fel şi linia orizontală superioară (ca limită de încercare), delimitînd astfel un domeniu admisibil de încărcări ale secţiunii de ieşire a turbinei fără apariţia fenomenului de saturare pentru orice presiune admisă la ieşire.

Limitarea acestei zone s-a făcut luîndu-se în considerare două elemente esenţiale: unul mecanic — vibraţia paletelor — şi altul termodinamic — temperatura de ieşire—primul avînd

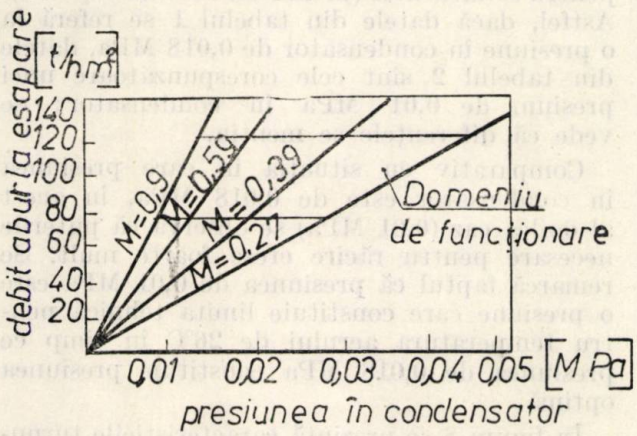


Fig. 2. Domeniul de funcţionare al ultimei trepte a turbinei.

rolul determinant. A fost stabilită şi o diagramă a eficienţei maxime a treptelor de ieşire funcţie de cifra Mach (prezentate în figura 3) pe baza a numeroase încercări experimentale [1].

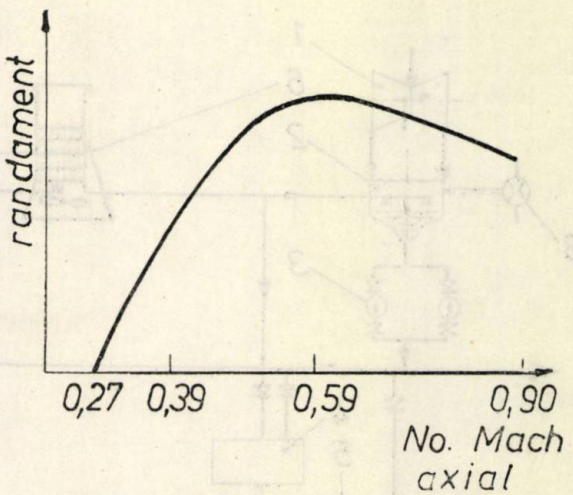


Fig. 3. Randamentul treptei de ieşire funcţie de numărul Mach.

2. Sisteme de răcire uscată pentru utilizarea în centralele termoelectrice

În mod obişnuit sînt cunoscute trei tipuri de sisteme de răcire uscată, fiecare fiind destinat să îndeplinească scopuri precise. Obiectivele principale generale ale fiecăruia din aceste tipuri sînt:

— diminuarea cantităţii de apă de adaos;
— condensarea la o temperatură cît mai coborîtă.

În acelaşi scop, dar cu tendinţe de utilizare sezonieră, în ultima vreme au apărut sisteme noi de răcire mixte, care rezultă ca o combinaţie între sistemul umed (clasic) şi uscat, ţinînd seama de condiţiile concrete unde urmează să fie utilizat.

Schemele tipice ale sistemelor de răcire uscate sînt prezentate în figurile 4, 5 şi 6 astfel: cele de tip Heller — cu turn de răcire uscat, dar cu condensator de suprafaţă (fig. 4) sau de amestec (fig. 5) şi cu condensator răcit direct cu aer (fig. 6).

Caracteristicile acestor tipuri de sisteme de răcire sînt următoarele: în cazul răcirii cu turn de răcire uscat şi cu condensator (fie de

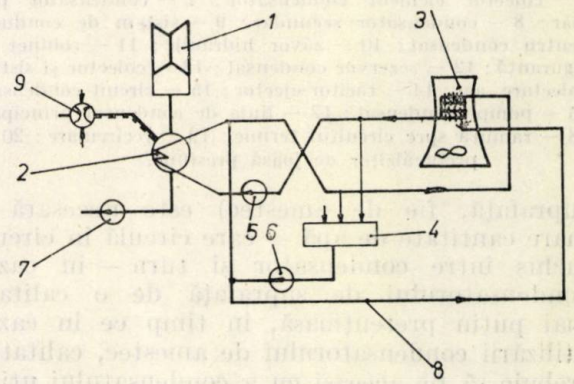


Fig. 4. Sistem de răcire uscat cu condensator de suprafaţă.

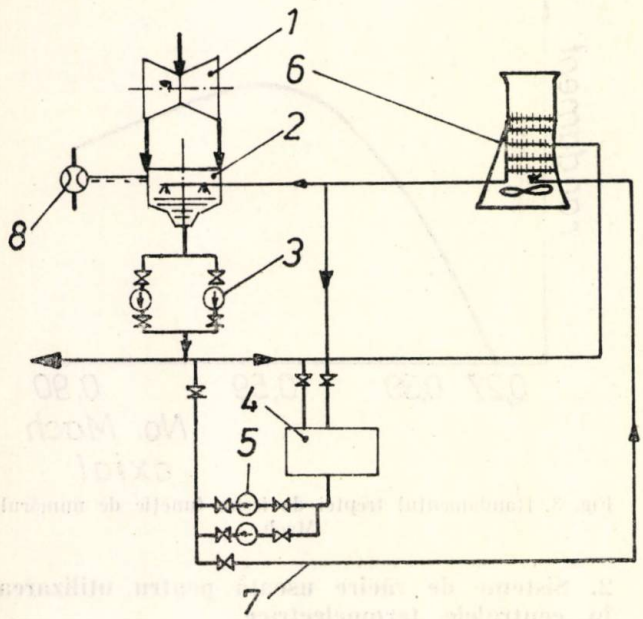


Fig. 5. Schema sistemului de răcire cu turn de răcire uscat și condensator de amestec: 1 — corp de joasă presiune turbină; 2 — condensator de amestec; 3 — pompe circulație condensat (totodată și pompe de condensat); 4 — rezervor tampon; 5 — pompe de transfer condens; 6 — turn de răcire uscat; 7 — circuit de umidificare (rezervă).

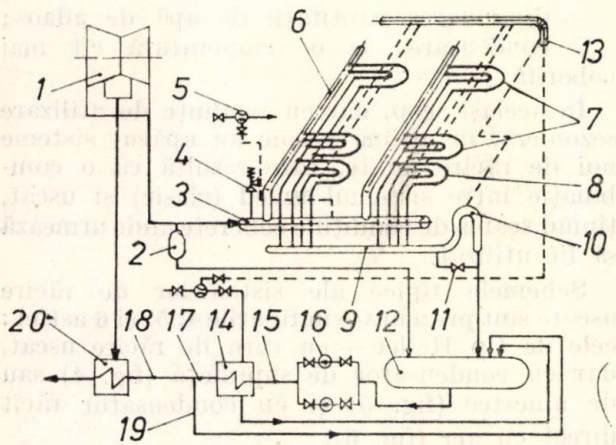


Fig. 6. Schema sistemului de răcire cu aerocondensator: 1 — corp de joasă presiune turbină; 2 — rezervor intermediar condens; 3 — colector distribuție abur; 4 — supapă de siguranță; 5 — sistem de vid pentru partea de abur; 6 — colector element condensator; 7 — condensator primar; 8 — condensator secundar; 9 — sistem de conducte pentru condensat; 10 — zăvor hidraulic; 11 — robinet de siguranță; 12 — rezervor condensat; 13 — colector și sistem colectare aer; 14 — răcitor-ejector; 15 — circuit condensat; 16 — pompe condensat; 17 — linia de condensat principal; 18 — ramură spre circuitul termic; 19 — recirculare; 20 — preîncălzitor de joasă presiune.

suprafață, fie de amestec) este necesară o mare cantitate de apă — care circulă în circuit închis între condensator și turn — în cazul condensatorului de suprafață de o calitate mai puțin pretențioasă, în timp ce în cazul utilizării condensatorului de amestec, calitatea trebuie să fie aceeași cu a condensatului utilizat în circuitul termic. De asemenea, sînt necesare conducte mari de legătură condensator-turn și pompe de apă de debite comparabile cu cele pentru un sistem umed. În cazul răcirii în aerocondensatoare nu mai este necesară apă într-un circuit intermediar, care astfel dispare din schemă. Din punctul de vedere al schimbului de căldură, diagramele T — Q sînt cele din figura 7 pentru aceleași condiții de temperatură a aerului pentru un grup de 150 MW.

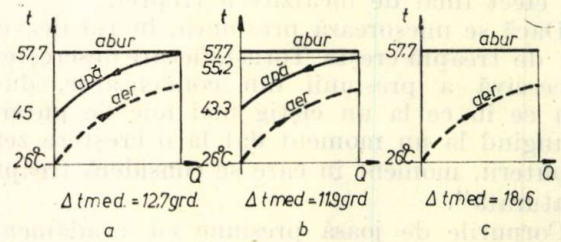


Fig. 7. Diagramele t — Q pentru cele trei sisteme de condensare: a — sistem cu condensator de amestec; b — sistem cu condensator de suprafață; c — sistem cu aerocondensator.

Se observă că diferența medie de temperatură dintre aer și abur este maximă pentru răcirea directă cu aer. Din datele din tabelul 1 se observă că: în cazul condensatorului de suprafață debitul de apă de răcire este cel mai mare, puterea consumată pentru vehicularea apei este mai mare (datorită, pe de o parte, volumului mai mare de apă, iar, pe de altă parte, rezistenței condensatorului de suprafață), la fel și puterea necesară ventilatoarelor turnurilor de răcire (din cauza Δt mic este necesară o suprafață suplimentară echivalentă cu 6 celule). Din tabel se observă că cel mai avantajos sistem în cazul răcirii cu aer este cel al răcirii directe. Se remarcă faptul că aceste avantaje se mențin pe tot domeniul de presiuni adoptat pentru condensator (în limitele arătate la pct. 1). Astfel, dacă datele din tabelul 1 se referă la o presiune în condensator de 0,018 MPa, datele din tabelul 2 sînt cele corespunzătoare unei presiuni de 0,01 MPa în condensator; se vede că diferențele se mențin.

Comparativ cu situația în care presiunea în condensator este de 0,018 MPa, în acest al doilea caz (0,01 MPa) se observă că puterile necesare pentru răcire cresc foarte mult. Se remarcă faptul că presiunea de 0,01 MPa este o presiune care constituie limita tehnică pentru temperatura aerului de 26°C în timp ce presiunea de 0,018 MPa constituie presiunea optimă.

În figura 8 se prezintă caracteristicile turnurilor de răcire utilizate în sistemul de răcire prezentat în figura 5 pentru presiunile de 0,018 MPa (*a*, *c*) și de 0,01 MPa (*b*, *d*), funcție de temperatura exterioară, iar în figura 9 *a* și *b* caracteristicile instalației de răcire (aerocondensator) corespunzător sistemului prezen-

Tabelul 1

Caracteristicile sistemelor de răcire uscată pentru un grup de 150 MW în cazul presiunii la condensator de 0,018 MPa

Nr. crt.	Caracteristica	U.M.	Sistem Heller		Aerocondensator (Lummus)
			Condensator de supr. de amestec		
1	Debit abur	kg/s	97,22		
2	Presiune abur	MPa	0,018		
3	Temperatura aerului	K	299,16		
4	Debitul caloric	10^6kJh	794,2		
5	Temperatura condens	K	330,86	330,86	330,86
6	Temperatura apei calde	K	328,36	330,86	—
7	Debit de apă de răcire	m^3/s	4,44	4,16	—
8	Diferența de temperatură	grd.	11,9	12,7	18,6
9	Temperatura apei reci	K	316,46	318,16	—
10	Date pentru inst. de aer	—	—	—	—
11	Număr de celule	buc.	96	90	216
12	Număr de ventilatoare	buc.	32	30	36
13	Număr de module	buc.	32	30	18
14	Număr de sectoare	buc.	6	6	—
15	Debit ventilator	—	—	—	—
16	la turație nominală	m^3/s	346	346	312
17	la turatie redusă	m^3/s	165	165	150
18	Puterea ventilatoarelor		—	—	—
19	la turație nominală	kW	3520	3300	2274
20	la turație redusă	kW	1280	1200	950
21	Puterea pompelor	kW	1060	820	—
22	Greutate totală	*t*	1687	1355	1264*
23	Suprafata necesară inst. de răcire	m^2	56×115,2 =6451,2	56×108= 6048	34×76,5 =2601
24	Debit apă adaos	m^3/s	—	—	—

* Greutatea nu include conducte de legătură turbină-condensator.

Tabelul 2

Caracteristicile sistemelor de răcire pentru un grup de 150 MW în cazul presiunii la condensator de 0,01 MPa

Nr. crt.	Caracteristica	U.M.	Sistem Heller		Aerocondensator (Lummus)
			Condensator de supr.	de amestec	
1	Debit abur	kg/s	97,22		
2	Presiune abur	MPa	0,01		
3	Temperatură aer	K_6	299,16		
4	Debit caloric	10kJh	794,2		
5	Temperatură condens	K	318,66	318,66	318,66
6	Temperatura apei calde	K	316,16	318,66	—
7	Debit apă răcire	m^3/s	7,5	6,388	—
8	Diferența de temperatură	grd.	5,5	11,8	
9	Temperatura apei reci	K	310,86	310,86	—
10	Date pentru inst. de aer	—	—	—	—
11	Număr de celule	buc.	162	138	336
12	Număr de ventilatoare	buc.	54	46	56
13	Număr de module	buc.	54	46	28
14	Număr de sectoare	buc.	11	9	—
15	Debit ventilator	—	—	—	—
16	la turație nominală	m^3/s	346	346	279,8
17	la turație redusă	m^3/s	165	165	115
18	Puterea ventilatoarelor	—	—	—	—
19	la turație nominală	kW	5940	5060	2676,8
20	la turație redusă	kW	2160	1840	1125
21	Puterea pompelor	kW	1920	1630	—
22	Greutate totală	t	2485	2005	1694*
23	Suprafața necesară inst. de răcire	m^2	84×115,2 =9676,8	56×108+ 18×115,2 =9273,6	34×119= 4046
24	Debit apă adaos	m^3/s	—	—	—

* Greutatea nu include conducte de legătură turbină-condensator.

tat în figura 6, de asemenea pentru cele două presiuni limită luate în considerare.

Din analiza caracteristicilor rezultă că în aceste sisteme există posibilitatea adaptării capacității turnurilor la sarcină termică variabilă într-o gamă largă a temperaturii aerului de răcire, ceea ce permite realizarea de consumuri minime de energie la fiecare sarcină a blocului. În mod practic această adaptare a turnurilor la sarcina termică se realizează printr-un control automat sau manual. Sistemul are la bază reglarea debitului de aer prin oprirea ventilatoarelor sau trecerea de la o turație la alta (cînd se utilizează motoare cu două turații). În scopul utilizării calculatoarelor de proces, sistemul se complică prin utilizarea de ventilatoare cu palete amovibile sau cu jaluzele cu înclinare variabilă, sau chiar reducerea suprafeței condensatorului prin închiderea unor celule și pe partea de abur.

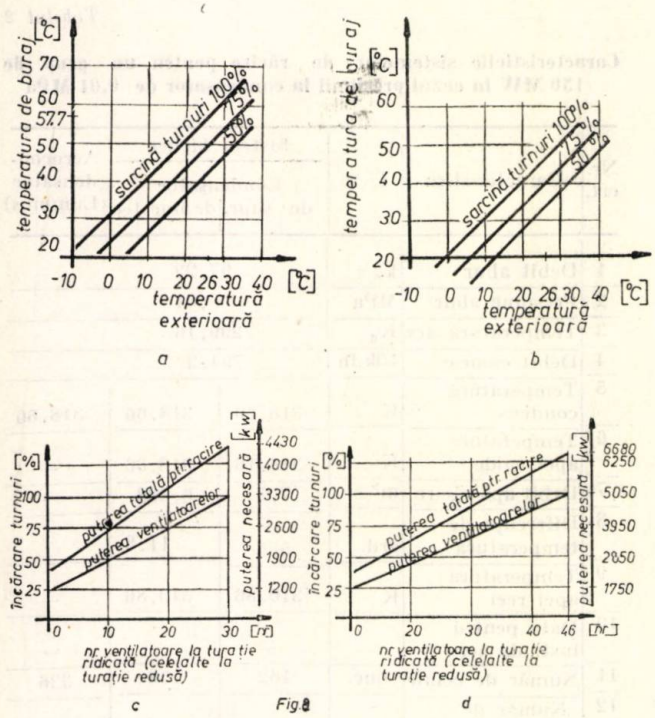


Fig. 8. Caracteristicile turnurilor de răcire în cazul sistemului Heller: a — caracteristica turnului pentru presiunea de 0,018 MPa la condensator; b — caracteristica turnului pentru presiunea de 0,01 MPa la condensator; c — puterea necesară pentru presiunea de 0,018 MPa la condensator; d — puterea necesară pentru presiunea de 0,01 MPa la condensator.

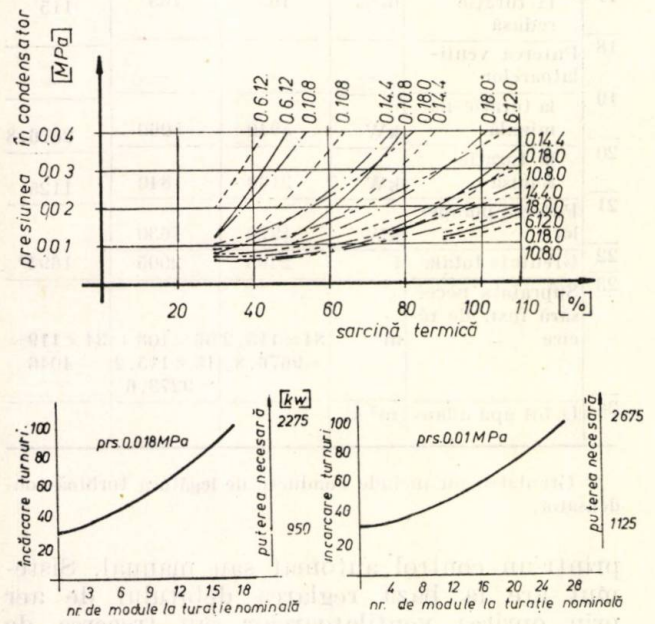


Fig 9. Caracteristicile aerocondensatorului: a — caracteristica sarcină termică-presiune; ——————— temperatură exterioară de −10°C; — — — — — — temperatura exterioară de 6°C; —.—.—.—.— temperatura exterioară de 16°C; ———•••——— temperatura exterioară de 26°C; (Exemplu pentru semnificația cifrelor de pe curbă: 0.6.12.: 0 — ventilatoare la turație maximă; 6 — ventilatoare la turație redusă; 12 — ventilatoare oprite); b — puterea necesară.

Pentru un aerocondensator se prezintă în figura 10 diagrama de reglaj a sarcinii, funcție de temperatura exterioară, iar în tabelul 3 se prezintă, pentru fiecare regim, starea fiecărei subzone, considerînd condensatorul împărțit în 6 zone, iar fiecare zonă în 3 subzone (așa a fost realizat sistemul de reglaj) (fig. 11).

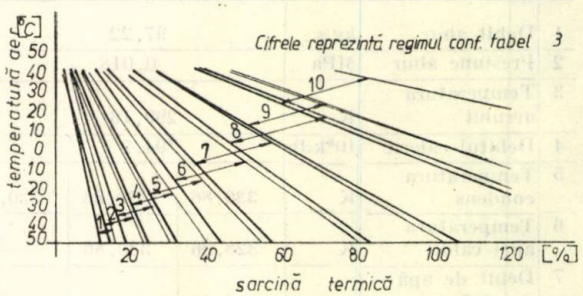


Fig. 10. Diagrama teoretică de reglaj pentru un aerocondensator: ▬▬ domeniul nominal; ——— domeniul maxim acoperibil.

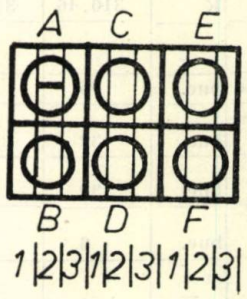


Fig. 11. Schema de împărțire a unui aerocondensator în zone reglabile.

Comparativ cu sistemul clasic de răcire umed în circuit închis, se pot face cîteva observații, avînd în vedere și datele din tabelul 5, și anume: în cazul schemelor sistem Heller debitul de apă de adaos este considerabil mai mic decît în cazul răcirii în circuit închis cu turnuri de răcire umede: din punctul de vedere al puterii consumate se constată că în cazul utilizării turnurilor de răcire umede cu tiraj forțat, puterea este cea mai mică, urmînd sistemul cu aerocondensator, în timp ce sistemele tip Heller ating valori considerabile pentru aceste puteri. De asemenea, se observă că suprafața necesară instalației este minimă în cazul turnurilor umede, fiind îndeaproape urmată de cea pentru aerocondensator. (În cazul în care aerocondensatorul se amplasează pe acoperișul sălii mașinilor, situația se inversează).

3. Sisteme de răcire mixtă pentru utilizare în centrale termoelectrice

În ultimul timp, avînd în vedere avantajele și dezavantajele sistemelor uscate de răcire, a apărut un mod nou de abordare a instalațiilor de răcire prin utilizarea unei combinații între

Tabelul 3

Organigrama de reglaj, funcţie de temperatura exterioară

starea	MODUL DE REGLARE					
	A	B	C	D	E	F
1	V2/1 1/2FD + 1 1/2FI	V0/FI	V0/FI	V0/FI	V0/FI	V0/FI
2	V2/2FD + 1FI	↓	↓	↓	↓	↓
3	V2/3FD	↓	↓	↓	↓	↓
4	V2/3FD	V2/1FD + 2FI	↓	↓	↓	↓
5	V2/3FD	V2/3FD	↓	↓	↓	↓
6	V2/3FD	↓	V2/3FD	↓	↓	↓
7	V2/3FD	↓	↓	V2/3FD	↓	↓
8	V2/3FD	↓	↓	↓	V2/3FD	V2/3FD
9	V2/3FD	V1/3FD	V1/3FD	↓	V2/3FD	V2/3FD
10	V2/3FD	V1/3FD	V1/3FD	V1/3FD	V1/3FD	V1/3FD

V0 - ventilator oprit
V2 - ventilator la turaţie redusă
V1 - ventilator la plină turaţie
FI - jaluzele închise
FD - jaluzele deschise

Exemplu de citire al tabelului:
V2/2FD + 1FI = ventilator la turaţie redusă, două celule cu jaluzele deschise, o celulă cu jaluzele închise

sistemul umed şi uscat cu scopul de a reduce apa de adaos în condiţiile asigurării funcţionării corespunzătoare a turbinei şi la o presiune de eşapare la un nivel uzual.

În domeniul combinaţiilor turn umed-turn uscat, se cunosc două moduri principale de realizare:

Primul mod constituie o combinaţie turn umed-turn uscat în cadrul aceluiaşi turn, în două variante:

— prima prin amplasare în partea superioară a turnului umed a unei suprafeţe de schimb de căldură care constituie turnul uscat, fiecare din zone avînd admisie separată a aerului proaspăt (turnul uscat un amestec de aer proaspăt cu aer saturat ieşind din zona umedă), cu posibilitatea de reglare a debitului de aer. În turnuri de acest tip se diminuează pierderile de apă prin antrenarea picăturilor, acestea fiind parţial drenate sau vaporizate la contactul cu suprafaţa de schimb de căldură din zona uscată. Dezavantajul principal al acestui sistem de turn îl constituie deteriorarea prin eroziune şi coroziune a suprafeţei de schimb de căldură din turnul uscat, depunerile de diverse substanţe chimice existente în apa din turn pe suprafeţele de schimb de căldură, zgomotul mare datorat numeroaselor canale de aer şi clapete de închidere, ca urmare a curgerii paralele a celor două fluxuri de aer;

— a doua variantă este cea în care într-un turn uscat este prevăzută la partea inferioară (de admisie aer) între ventilatoare şi suprafaţa de schimb de căldură, pulverizare de apă, care în acest caz are drept urmare, de obicei, reducerea adiabatică a temperaturii aerului ce evoluează în turn.

Comparativ cu varianta anterioară, se reduc dezavantajele legate de depuneri şi de zgomot, care se diminuează considerabil. Acest sistem este utilizat în toate schemele de răcire uscată ca un mijloc de rezervă în cazul cînd temperatura aerului atinge niveluri peste cea maximă de proiectare.

Al doilea mod de realizare a combinaţiei turn uscat-turn umed îl constituie separarea celor două sisteme în unităţi independente. În acest caz se utilizează un turn umed convenţional cu schema sa şi separat un turn uscat cu schema lui. Cele două medii de răcire (corespunzătoare fiecărui sistem de răcire) circulă printr-un condensator de suprafaţă împărţit de camere de apă în mai multe zone. Schema unui astfel de sistem de răcire după [2] este prezentată în figura 12.

În acest caz turnul uscat funcţionează tot anul şi înregistrează randamentul maxim pe timp mai rece, iar turnul umed numai pe timp mai cald şi are randamentul maxim vara. În perioada cînd turnul umed nu funcţionează, circuitul său este izolat, apa se depozitează în rezervorul de sub turn, iar condensatorul se leagă la circuitul turnului uscat (după o spălare prealabilă), condensatorul funcţionînd tot timpul la capacitatea sa. Avantajele acestui sistem constau în: realizarea unei presiuni acceptabile la eşaparea din turbină; utilizează sisteme de răcire care pot fi optimizate fiecare separat; protejează turnul uscat faţă de dezavantajele altor combinaţii; utilizează un con-

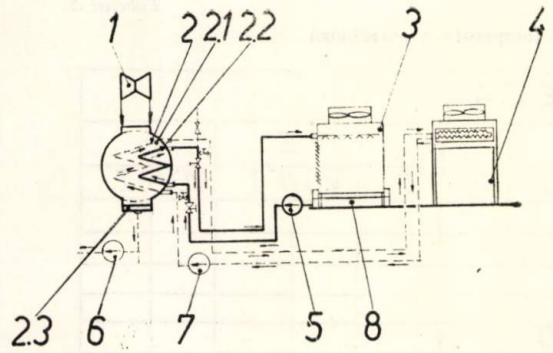


Fig. 12. Schema sistemului de răcire cu turnuri umede şi uscate şi cu condensator de suprafaţă: 1 — corp J.P. turbină; 2 — condensator de suprafaţă; 2.1. — zona din condensator aferentă sistemului cu turn umed; 2.2. — zonă din condensator aferentă sistemului cu turn uscat; 2.3. — rezervor condensat; 3 — turn umed; 4 — turn uscat; 5, 7 — pompe de circulaţie; 6 — pompă condensat; 8 — rezervor apă din circuitul turnului umed.

densator de abur clasic; avînd circuit închis, admite utilizarea (în timpul iernii) a antigelului sau a altei soluţii contra îngheţului; elimină pierderile de apă în cea mai mare parte a anului; permite realizarea puterii în orice condiţii de temperatură exterioară; elimină problema îngheţului la turnul umed etc.

Astfel de sistem de răcire mai poate fi realizat şi prin combinarea unui sistem cu turn umed cu un aerocondensator ca în figura 13, sistem care utilizează avantajele aerocondensatorului faţă de sistemul Heller.

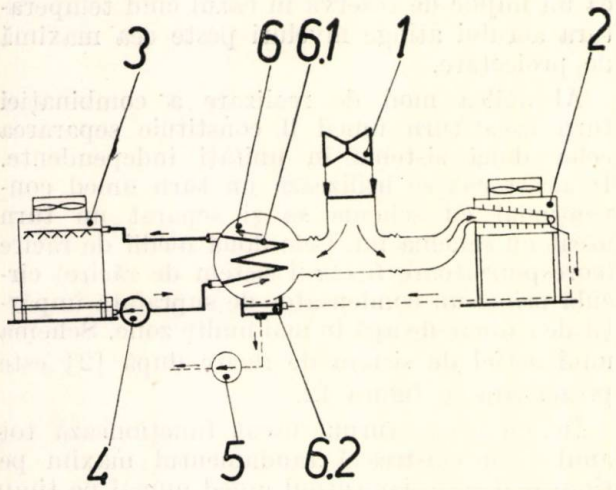


Fig. 13. Schema sistemului de răcire cu turn umed şi condensator de suprafaţă şi aerocondensator: 1 — corp J.P. turbină; 2 — aerocondensator; 3 — turn de răcire umed; 4 — pompă de circulaţie; 5 — pompă de condensat; 6 — condensator; 6.1. — suprafaţa de schimb pentru circuitul aferent turnului umed; 6.2. — separator de condensat.

La realizarea unui astfel de sistem de răcire, problema esenţială constă în stabilirea capacităţii fiecărui circuit de răcire (umed sau uscat), astfel încît să se realizeze pe ansamblu soluţia optimă, funcţie de destinaţia şi regimul de lucru al grupului. Este evident că pentru un grup care se opreşte vara în rezervă, problema are un aspect, iar pentru un grup de bază sau un grup pentru două schimburi, problema este diferită. De asemenea, această dimensionare trebuie să aibă în vedere şi temperatura exterioară ca un element determinant. Funcţie de capacitatea adoptată pentru turnuri se pot realiza diferite presiuni la condensator în condiţiile aceleiaşi temperaturi exterioare, presiuni care trebuie să fie în corespondenţă cu presiunile admise la ieşirea din turbină. În figura 14 se arată diagramele de funcţionare ale sistemului de răcire, funcţie de modul de repartizare a sarcinii termice pe aceasta pentru grupul de 150 MW.

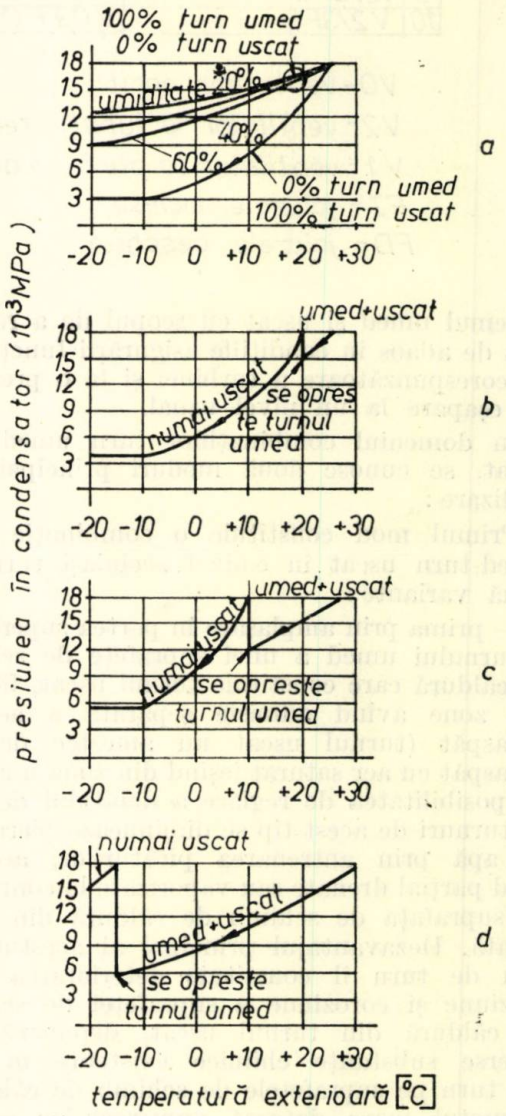


Fig. 14. Presiunea în condensator funcţie de repartiţia sarcinii termice de evacuat între turnurile uscate şi umede. Condiţii de dimensionare: presiunea nominală în condensator 0,018 MPa temperatura termometrului uscat 26°C. a) dimensionare 100% turn uscat, 0% turn umed şi 100% turn umed, 0% turn uscat; b) dimensionare 75% turn uscat, 25% turn umed; c) dimensionare 50% turn uscat, 50% turn umed; d) dimensionare 25% turn uscat, 75% turn umed.

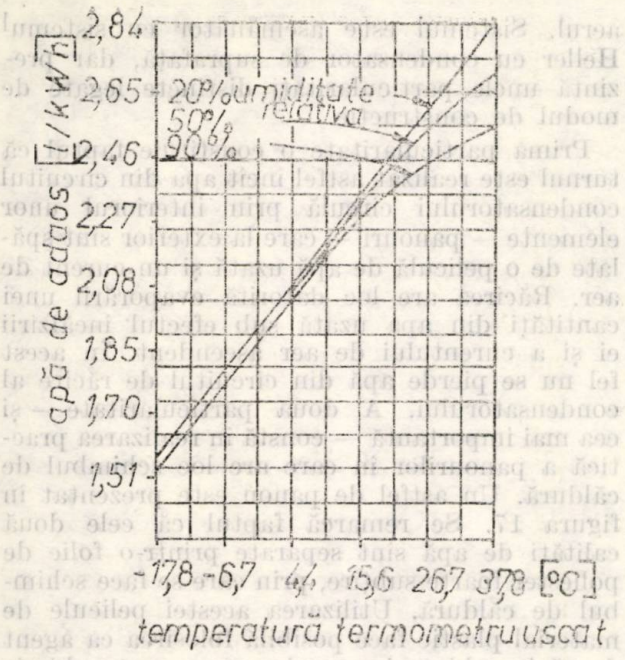


Fig. 15. Variația pierderilor specifice de apă în turnul de răcire umed, funcție de temperatura și umiditatea aerului.

Evaluarea avantajelor și dezavantajelor se face avînd în vedere și pierderile de apă ce apar în turnurile umede, funcție de condițiile de lucru arătate în figura 15.

În cadrul unei repartizări a sarcinii termice stabilite pentru turnurile de răcire, regimul de funcționare a acestora se optimizează funcție de sarcina blocului și de condițiile exterioare; optimizarea are, de regulă, drept obiectiv fie obținerea unei puteri minime consumate de sistem sau a unui debit de apă de adaos stabilit, fie obținerea unui cost specific cît mai redus pentru ansamblul instalației de răcire.

În cazul grupului de 150 MW, adaptînd un sistem de răcire de 75 % uscat și 25 % umed, situația principalilor parametrii este cea din tabelul 4, pentru presiunea de 0,018 MPa.

Comparativ cu datele din tabelul 1 se constată următoarele: în cazul utilizării sistemului combinație între turn uscat (aerocondensator) și turn umed, puterea totală necesară sistemului de răcire scade cu circa 26 % față de situația răcirii numai cu aer (aerocondensator), datorită faptului că turnurile umede lucrează cu diferență mare de temperatură, iar numărul celulelor turnului uscat scade, avînd în vedere că vîrful de sarcină termică este acoperit cu ajutorul turnului umed (nu se mai prevede suprafața de rezervă); corespunzător, suprafața ocupată este mai mică; apare însă un consum suplimentar de apă în timpul în care funcționează turnul umed. Sistemul combinat este mai avantajos în acest caz, deoarece investiția totală scade, avînd în vedere că numărul total de celule este mai mic, cu toate că devin

Tabelul 4

Caracteristicile sistemului de răcire, combinație între turn umed (25%) și aerocondensator (75%) pentru un grup de 150 MW cu presiunea la condensator de 0,018 PMa

Nr. crt.	Caracteristica	U.M.	Sistem	
			25 %	75 %
			umed	uscat (aerocondensator)
1	Debit abur	kg/s	97,22	
2	Presiune abur	MPa	0,018	
3	Temperatură aer	K	299,16	
4	Temperatură condens	K	330,86	
5	Temperatură apă caldă	K	328,36	—
6	Debit apă răcire	m³/s	1,20	—
7	Temperatura apei reci	K	299,16	—
8	Date pentru instalația de răcire	—		
9	Număr de celule	buc.	6	144
10	Număr de ventilatoare	buc.	1	24
11	Număr de module	buc.	1	12
12	Număr de sectoare	buc.	—	—
13	Debit ventilator	—	—	—
14	la turație nominală	m³/s	300	312
15	la turație redusă	m³/s	150	150
16	Puterea ventilatoarelor	—	—	—
17	la turație nominală	kW	80	1440
18	la turație redusă	kW	55	625
19	Puterea pompelor	kW	400	—
20	Greutate totală	t	—	840
21	Suprafața necesară instalației de răcire	m²	400	1735
22	Debit apă adaos	m³/s	0,04	—

necesare investiții în condensatorul de suprafață aferent circuitului cu turn umed și în circuitul hidrotehnic propriu-zis, acestea fiind totuși mai puțin costisitoare decît 3 module (36 celule) și, în plus, nu se mai investește spațiu necesar pentru amplasarea lor. De asemenea, se reduc dimensiunile conductei de abur-turbină-aerocondensator. Comparativ cu soluția turn umed 100 % pentru care datele sînt cele din tabelul 5 rezultă că în soluția combinată este necesară o putere mai mare și un debit de apă mai mic, ceea ce în condițiile lipsei de apă nu este de neglijat.

În vederea economisirii apei sau a utilizării complete a acesteia în centralele termoelectrice, recent au fost imaginate soluții noi. Astfel firma americană Tower Systems Inc. a dezvoltat un nou turn de răcire de tipul mixt, care îmbină în același turn atît răcirea uscată, cît și cea umedă. Schema instalației de răcire, care utilizează un turn de acest tip, este prezentată în figura 16.

Caracteristic acestui turn este faptul că el utilizează ca agent de răcire apă uzată din

Tabelul 5

Caracteristicile sistemului de răcire cu turnuri umede cu tiraj forțat pentru un grup de 150 MW cu presiunea la condensator de 0,018 MPa

Nr. crt.	Caracteristica	U.M.	Sistem cu turn umed
1	Debit abur	kg/s	97,22
2	Presiune abur	MPa	0,018
3	Debit caloric	10^6kJ/h	794,2
4	Temperatură condensat	K	330,86
5	Temperatură intrare apă răcire	K	299,16
6	Temperatură ieșire apă răcire	K	321,16
7	Debit apă răcire	m^3/s	5,43
8	Diferența de temperatură	grd	9,7
9	Date pentru instalația de răcire	—	—
10	Număr de celule	buc.	24
11	Număr de ventilatoare	buc.	8
12	Număr de module	buc.	2
13	Număr de sectoare	buc.	1
14	Debit ventilator		
15	la turație normală	m^3/s	360
16	la turație redusă	m^3/s	170
17	Puterea ventilatoarelor	—	—
18	la turație normală	kW	2560
19	la turație redusă	kW	1440
20	Puterea pompelor de răcire	kW	800
21	Greutatea instalației de răcire (fără turn)	t	400
22	Suprafața necesară instalației de răcire	m^2	1400
23	Debit apă adaos	m^3/s	0,14

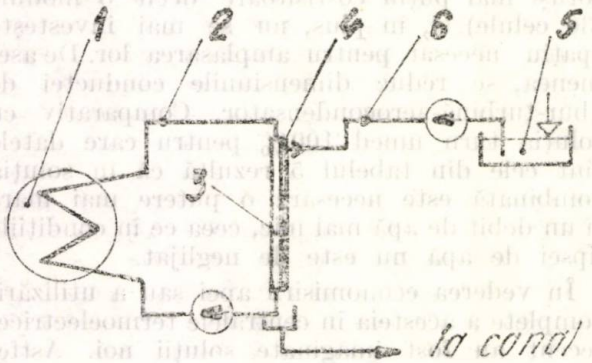


Fig. 16 Schema circuitului de răcire cu turn cu apă uzată aer: 1 — condensator; 2 — circuite apă răcire condensator; 3 — element de răcire; 4 — folie de poliester; 5 — bazin apă uzată; 6 — circuit apă uzată poliester.

centrală, apa provenită din scurgeri, drenaje scăpări, apă care în mod obișnuit, datorită faptului că este impură, nu mai este folosită, ci evacuată la canal, utilizînd ca agent ajutător aerul. Sistemul este asemănător cu sistemul Heller cu condensator de suprafață, dar prezintă unele particularități distincte legate de modul de construcție.

Prima particularitate o constituie faptul că turnul este realizat astfel încît apa din circuitul condensatorului circulă prin interiorul unor elemente — panouri — care la exterior sînt spălate de o peliculă de apă uzată și un curent de aer. Răcirea are loc datorită evaporării unei cantități din apa uzată sub efectul încălzirii ei și a curentului de aer ascendent. În acest fel nu se pierde apă din circuitul de răcire al condensatorului. A doua particularitate — și cea mai importantă — constă în realizarea practică a panourilor în care are loc schimbul de căldură. Un astfel de panou este prezentat în figura 17. Se remarcă faptul că cele două calități de apă sînt separate printr-o folie de poliester foarte subțire, prin care se face schimbul de căldură. Utilizarea acestei pelicule de material plastic face posibilă folosirea ca agent de răcire chiar și a apei care nu este chimic neutră. În cazul în care nu se dispune de o cantitate de apă reziduală suficientă pentru asigurarea răcirii, se poate combina acest sistem cu oricare alt sistem de răcire. În figura 18

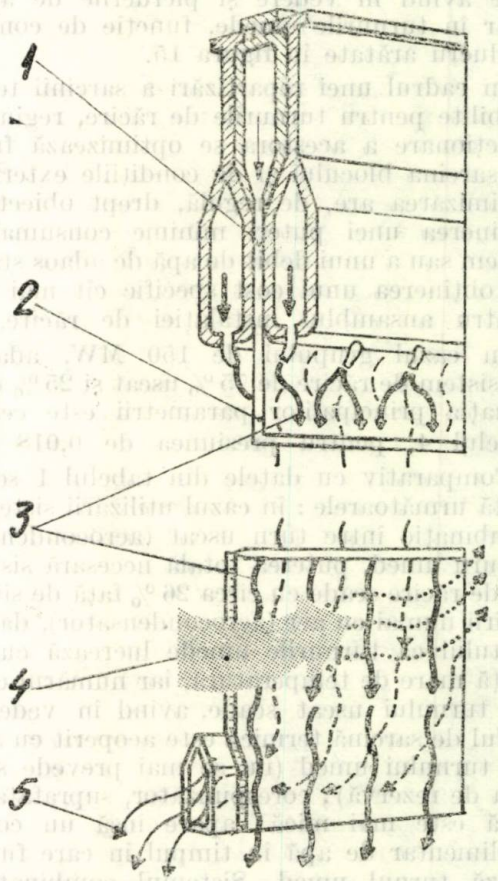


Fig. 17. Schema unui element de răcire utilizat în turnuri cu apă uzată-aer; 1 — apă caldă din circuitul primar; 2 — folie de poliester; 3 — apă reziduală (se prelinge pe suprafața folici); 4 — curent de aer; 5 — evacuare apă rece circuit primar.

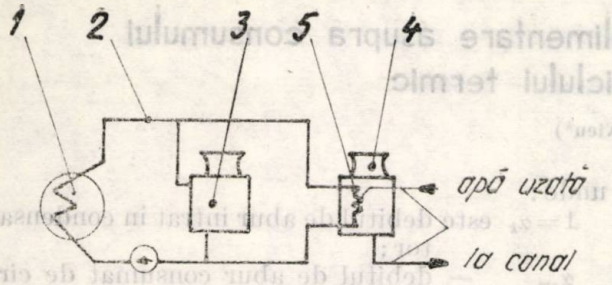


Fig. 18. Schema încadrării turnului de răcire cu apă uzată aer într-un sistem cu alte turnuri: 1 — condensator; 2 — circuit apă răcire; 3 — turn construcție uzuală; 4 — turn răcire cu apă uzată; 5 — suprafața de schimb de căldură din turnul pentru apă uzată.

se arată schema utilizării acestui turn de răcire în combinație cu alte turnuri, capacitatea turnului mixt cu apă uzată-aer fiind funcție de disponibilul de apă reziduală din centrală.

4. Concluzii

După cum s-a văzut, fiecare sistem de răcire sau combinație de sistem de răcire are caracteristici proprii, care fac posibilă considerarea ca optimă a unuia sau a altuia, astfel încît să corespundă cît mai bine scopului dorit: economia de apă de răcire, minimalizarea consumului de putere sau găsirea unei soluții economice din ambele puncte de vedere. În acest sens, se pare că soluția combinației între cele două sisteme ar corespunde cel mai bine cu posibilitățile de aplicare în orice zonă climatică, în acest caz, fiind esențială optimizarea repartiției sarcinii termice pe cele două sisteme de răcire, optimizare ce trebuie să aibă în vedere următoarele elemente: condițiile climatice ale zonei de amplasare, regimul anual de lucru al grupului, disponibilitățile de apă de răcire, costul combustibilului etc.

Adoptarea unei combinații de sisteme de răcire, cel puțin pentru utilizarea în perioada rece a sistemului de răcire cu aer, ar permite realizarea unei economii importante în ceea ce privește apa de răcire și totodată ar îmbunătăți condițiile de exploatare pe timp friguros a instalațiilor hidraulice (din acest punct de vedere problema merită a fi luată în considerare).

În cazul în care se dispune de apă de răcire astfel încît să se poată acoperi pierderile prin evaporare, este interesant să se ia în considerare și soluția cu turnuri de răcire cu tiraj natural, la care puterea electrică necesară este mult mai redusă, dar pierderea de apă mult mai importantă. Dacă se face referire la un astfel de sistem de răcire pentru un grup de 150 MW se observă că puterea necesară pentru condiții de vid, de exemplu de 0,01 MPa, este de circa 1000 kW, în timp ce pierderea totală de apă în regim nominal al turnului (evaporare + + pierderi) este de circa 750 m^3/h.

Bibliografie

[1] G. J. Silvestri jr.: *Progress in the Developement of Reliable and Economical Steam Tturbine for Dry Cooling Application* in Combustion, martie 1981, pag. 12—18.

[2] M. W. Larinoff, L. L. Forster: *Dry and Wet-Peaking Tower Cooling Sistem for fower Plant.* Application in Journal of Engineering for Power, iulie 1976, pag. 335—346.

[3] Georg Oplatka: *Amélioration de la characteristique du travail du refrigerant sec, par prerefroidissement partiel de l'air*, în Revue Brown Boveri tom 68, nr. 3/4, 1981, pag. 136—143.

[4] Karl Stierlin, Anton Tesar: *Optimisation du regime d'exploitation à la source froide des turbogroupes á vapeur avec condenser refroidi par air*, în Revue Brown Boveri, tom. 67, nr. 5, 1980, pag. 316—321.

[5] Ioan Vlădea: *Instalații și utilaje termice.* Ed. Tehnică, București, 1966.

(Primit la 5 decembrie 1982, acceptat la 22 aprilie 1983)

Influenţe ale turbopompei de alimentare asupra consumului de căldură al ciclului termic

Ing. Vl. Nicu*)

Este cunoscut rolul turbopompei de alimentare inclusă în schema termomecanică a blocului energetic de mare putere. Prezenta lucrare îşi propune să reliefeze unele influenţe transmise de turbopompa de alimentare (TPA) asupra consumului de căldură al ciclului termic.

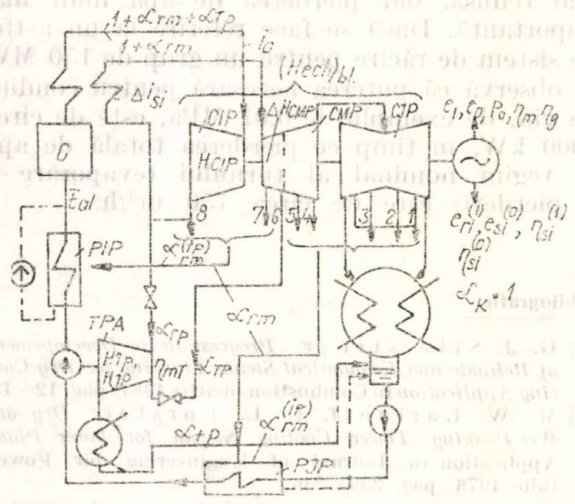


Fig. 1. Schema termică de principiu a unui bloc energetic funcţionînd cu turbopompa de alimentare.

Conform schemei termice de principiu prezentate, TPA este prevăzută cu două surse de abur: contrapresiunea corpului de înaltă presiune (CIP) şi o priză fixă de joasă presiune a corpului de medie presiune (CMP) ale turbinei principale.

În funcţionarea normală TPA este alimentată cu abur din priza de joasă presiune (priza fixă nr. 6) a CMP.

Alimentarea simultană a TPA cu abur din cele două surse, deşi este posibilă, reprezintă un caz de tranziţie, ale cărui efecte nu vor fi luate în considerare în cele ce vor urma.

Pentru simplificare, debitele de apă-abur, vehiculate în circuitul termic, se iau în unităţi relative, prin raportarea acestora la debitul intrat în condensatorul turbinei principale, înscriindu-se notaţiile tehnice adoptate pe schema termică de principiu.

În situaţiile cu şi fără TPA, consumurile de căldură ale ciclului termic se scriu astfel:

$$q_1 = (1 + \alpha_{rm} + \alpha_{TP})(i_0 - t_{al} + x\Delta i_{si}),$$
$$q_2 = (1 + \alpha_{rm})(i_0 - t_{al} + x\Delta i_{si}), \qquad (1)$$

unde:

$1 = \alpha_k$ este debitul de abur intrat în condensator;

α_{rm} — debitul de abur consumat de circuitul regenerativ echivalent (PJP +PIP) al turbinei;

α_{TP} — debitul de abur consumat de TPA din CMP sau din CIP;

i_0 — entalpia aburului primar;

t_{al} — entalpia finală a apei de alimentare;

x — raportul între debitul de abur primar şi cel intermediar;

Δi_{si} — creşterea de entalpie a aburului în supraîncălzitorul intermediar.

Din punct de vedere practic este admisibil să se ţină seama, în relaţiile (1), de influenţa TPA doar asupra debitului de abur la intrarea în turbina principală.

Cantităţile de energie electrică produse prin destinderea debitelor de abur relative în turbina principală sînt:

$$e_1 = e_0 + e_{TG}, \qquad (2)$$
$$e_2 = e_0,$$

în care:

e_1 este energia produsă de turbogenerator funcţionînd cu TPA;

$e_2(e_0)$ — energia produsă de turbogenerator fără TPA;

e_{TG} — energia aferentă destinderii, în turbina principală a debitului de abur consumat de TPA.

Pe de altă parte, randamentele serviciilor interne, cu şi fără TPA, se exprimă astfel:

$$\eta_{isi}^{(1)} = \eta_{isi}^{(2)} + \frac{e_{TP}}{e_0 + e_{TG}},$$
$$\eta_{isi}^{(2)} = 1 - \frac{e_{si}^{(0)}}{e_0}, \qquad (3)$$

în care:

$\eta_{isi}^{(1)}$ este randamentul serviciilor interne la funcţionarea cu TPA;

$\eta_{isi}^{(2)}$ — randamentul serviciilor interne acţionate exclusiv electric;

e_{TP} — energia mecanică dezvoltată de TPA,

$e_{si}^{(0)}$ — energia totală consumată de serviciile interne acţionate exclusiv electric.

În cazul cînd TPA este alimentată cu abur de joasă presiune (JP) sau cu abur de înaltă

*) Vl. Nicu este inginer la CET Braşi

presiune (IP), e_{TG} și e_{TP} respectiv e_0, pot căpăta următoarele expresii definite:

$$e_{TG}^{(JP)} = \frac{(H_{CIP} + \Delta H_{CMP})\,\eta_m\eta_g}{860}\,\alpha_{TP} = \zeta_1\,\alpha_{TP},$$

$$e_{TP}^{(JP)} = \frac{H_{JP}\eta_{mT}}{860}\,\alpha_{TP} = \zeta_2\cdot\alpha_{TP}, \qquad (4)$$

$$e_{TG}^{IP} = \frac{H_{CIP}\,\eta_m\eta_g}{860}\,\alpha_{TP} = \zeta_1'\cdot\alpha_{TP},$$

$$e_{TP}^{IP} = \frac{H_{IP}\eta_{mT}}{860}\,\alpha_{TP} = \zeta_2'\cdot\alpha_{TP},$$

$$e_0 = \frac{(H_{ech})_{bl}\cdot\eta_m\eta_g}{860}(1 + \alpha_{rm}),$$

unde:

H_{CIP} este destinderea reală, în CIP, a debitului de abur consumat de TPA;

ΔH_{CMP} — destinderea reală, în CMP, a debitului de abur consumat de TPA;

$\eta_m\eta_g$ — produsul între randamentul mecanic al turbinei și al generatorului;

H_{JP} — destinderea reală, în turbina auxiliară, a debitului de abur prelevat la priza CMP;

η_{mT} — randamentul mecanic al turbinei auxiliare;

H_{IP} — destinderea reală, în turbina auxiliară, a debitului de abur prelevat din CMP;

$(H_{ech})_{bl}$ — destinderea reală echivalentă a aburului în turbina principală a blocului energetic.

Admițînd că sarcina P_0 a blocului energetic este tot timpul constantă și ținînd seama de relațiile (1) — (4), raportul între consumurile specifice nete de căldură ale turbogeneratorului (ciclului termic) este dat de expresia:

$$\frac{q_{1N}}{q_{2N}} = U(\alpha_{TP}, \zeta_1, \zeta_2)_{P_0 = \text{const.}} =$$

$$\frac{\dfrac{q_1}{e_1\cdot\eta_{si}^{(1)}}}{\dfrac{q_2}{e_2\cdot\eta_{si}^{(2)}}} = \frac{1 + \dfrac{\alpha_{TP}}{1 + \alpha_{rm}}}{1 + \left[\dfrac{\zeta_1}{e_0} + \dfrac{\zeta_2}{\eta_{si}^{(2)}(e_0 + \zeta_1\cdot\alpha_{TP})}\right]\alpha_{TP}} \qquad (5)$$

în care s-a neglijat termenul de gradul doi,

$$\frac{\zeta_1\cdot\zeta_2\cdot\alpha_{TP}^{(2)}}{\eta_{si}^{(2)}(e_0 + \zeta_1\cdot\alpha_{TP})} \approx 0,$$

din considerentul că influența sa este infimă.

Se constată că (5) este, practic, o funcție de trei variabile, permițînd reliefarea influențelor TPA asupra consumului de căldură al ciclului termic, chiar și în următoarele cazuri frecvent întîlnite în exploatarea blocurilor energetice:

1. Punerea în funcțiune a TPA cu abur de joasă presiune din CMP, se concretizează printr-o reducere a consumului specific net de căldură al turbogeneratorului, efect scos în evidență, din punct de vedere teoretic, prin apariția inegalității între termenii variabili ai relației (5):

$$\frac{1}{1 + \alpha_{rm}} \leqslant \frac{\zeta_1}{e_0} + \frac{\zeta_2}{\eta_{si}^{(2)}(e_0 + \zeta_1\alpha_{TP})},$$

iar prin aceasta (5) obține o valoare subunitară.

2. Apariția deficiențelor la TPA, ca de exemplu:

— scăpări la recirculațiile pompei;

— stricarea vidului turbinei auxiliare;

— scăderea randamentului pompei;

— eroziuni sau distrugeri locale în pompă,

pot duce la creșteri considerabile (25—30%) ale lui α_{TP} (relația 5), respectiv consumul specific al turbogeneratorului crescînd totuși neînsemnat, ca urmare a sporului de energie electrică în contrapresiune, afectat destinderii în turbina principală a debitului de abur prelevat de TPA.

Este necesar de menționat, pentru acest caz, faptul că în determinarea influenței nedorite a creșterii lui α_{TP}, puterea mecanică $\zeta_2\alpha_{TP}$, din (5), trebuie menținută constantă și în același timp egală cu puterea electrică normală consumată de electropompele de alimentare (e_{EPA}), adică:

$$\zeta_2\cdot\alpha_{TP} = e_{EPA} = \text{const.}$$

3. Alimentarea cu abur a TPA din contrapresiunea CIP se soldează cu o creștere a lui (5), rezultatul putînd fi egal cu 1. Această soluție mai dezavantajoasă, dacă se compară cu rezultatele din cazurile tratate anterior, este totuși datorită sporului de energie emisă în sistem, mai avantajoasă decît cea în care pompele de alimentare ar fi acționate electric.

Prin exemplul de calcul ce urmează se încearcă reliefarea influențelor cantitative ale celor trei cazuri. Astfel, fiind dat un bloc energetic la sarcina nominală de 200 MW, avînd parametrii esențiali notați pe schema de principiu, pentru termenii expresiei (5) și rezultatele reieșite din calcul, este dat tabelul 1 (specificîndu-se în prealabil parametrii care permit calculul termenilor în cauză).

Se menționează că influența TPA asupra consumului specific de căldură al turbogeneratorului s-a calculat cu relația

$$\Delta q_N = (u - 1)q_{2N},$$

avînd semnificația parametrilor cunoscută.

Dacă se calculează influența TPA și asupra consumului de căldură al blocului, va fi necesar să se țină seama de randamentul cazanului și de cel al conductelor.

Tabelul 1

$D_K = 385$ t/h, $D_{rm} = 224{,}3$ t/h, $(H_{ech})_{bl} = 280{,}4$ kcal/kg, $\eta_m\eta_g = 0{,}98$, $H_{CIP} + \Delta H_{CMP} = 178$ kcal/kg; $\eta_{mT} = 0{,}99$, $H_{JP} = 183$ kcal/kg, $H_{CIP} = 71$ kcal/kg, $H_{IP} = 187$ kcal/kg, $D_{TP}^{(JP)} = 30$ t/h, $D_{TP}^{(IP)} = 28{,}1$ t/h, $q_{2N} = 2390$ kcal/kg.

$\alpha_K = \frac{D_K}{D_K}$ (kg)	1		
$\eta_{Si}^{(2)}$	0,9275		
$\alpha_{rm} = \frac{D_{rm}}{D_K}$ (kg)	0,582		
$1 + \alpha_{rm}$ (kg)	1,582		
$e_0 = \frac{(H_{ech})_{bl} \cdot \eta_m\eta_g}{860}(1 + \alpha_{rm})$ (kWh)	0,503		
$e_{TG} = \zeta_1\alpha_{TP}$ (kWh)	$0{,}202 \cdot \alpha_{TP}$	$0{,}202 \cdot \alpha_{TP}$	$0{,}084 \cdot \alpha_{TP}$
$e_{TP} = \zeta_2 \cdot \alpha_{TP}$ (kWh)	$0{,}21 \cdot \alpha_{TP}$	$0{,}21 \cdot \alpha_{TP}$	$0{,}215 \cdot \alpha_{TP}$
$e_2 = e_0 + \zeta_1 \cdot \alpha_{TP}$ (kWh)	$0{,}503 + 0{,}202 \cdot \alpha_{TP}$	$0{,}503 + 0{,}202 \cdot \alpha_{TP}$	$0{,}503 + 0{,}084 \cdot \alpha_{TP}$
$\alpha_{TP}^{(IP)} = \frac{D_{TP}^{(P)}}{D_K}$ (kg)	0,078	0,0975 $(0{,}078)_{const}$	—
$\alpha_{TP}^{(IP)} = \frac{D_{TP}^{(IP)}}{D_K}$ (kg)	—	—	0,073
U	0,985	0,9895	1,0007
$q_{2N}\left(\frac{kcal}{kWh}\right)$	2,390		
$\Delta q_N = (U - 1)\, q_{2N}\left(\frac{kcal}{kWh}\right)$	−35,85	−25,09	~0

Concluzii

Utilizarea TPA la blocurile energetice de mare putere este eficientă cu condiția primordială ca alimentarea cu abur a acesteia să decurgă permanent din priza fixă de joasă presiune a CMP.

Starea tehnică a subansamblurilor TPA influențează, într-o anumită măsură, consumul de căldură al blocului energetic și este de dorit ca deficiențele de ordinul amintit să fie înlăturate imediat.

(Primit la 8 septembrie 1982, acceptat la 24 martie 1983)

Metodă experimentală directă pentru determinarea solicitărilor termice și magnetice în dintele frontal statoric la generatoarele aflate în exploatare

Ing. D. Zlatanovici*)

Introducere

Datorită necesităților stringente ale SEN în ceea ce privește nivelurile de tensiune în rețeaua de transport de înaltă tensiune, în special în golurile de sarcină, s-a pus problema introducerii regimului de funcționare subexcitată la generatoarele de mare putere aflate în exploatare. Deși solicitate, firmele constructoare nu au furnizat nici un fel de indicații în această privință.

În consecință, au fost inițiate cercetări privind stabilirea limitelor termice de funcționare în regim subexcitat de durată pentru generatoarele aflate în exploatare; aceasta a presupus determinarea solicitărilor termice în dintele frontal statornic.

*) Ing. Dan Zlatanovici este cercetător principal la ICEMENERG — București.

Avînd în vedere urgența rezolvării acestei probleme, s-a elaborat și dezvoltat o metodă de cercetare experimentală directă pentru studiul cîmpului magnetic și termic în dintele frontal statoric.

În esență, metoda constă în: montarea unor traductoare de măsură pentru temperaturi și inducții pe frontierea dintelui statoric frontal, măsurarea acestor mărimi la diverse sarcini active și reactive, generatorul fiind cuplat la sistem și, pornind de la aceste valori, calcularea inducțiilor, pierderilor și temperaturilor în interiorul dintelui.

1. Montarea traductoarelor de măsură și fixarea lor

Pentru măsurarea temperaturilor s-au utilizat termocuple din cupru-constantan, avînd sudura de Ø 0,4—0,5 mm, executate și etalonate la ICEMENERG.

Pentru măsurarea inducțiilor s-au utilizat minibobine sondă cu 50—100 spire de CuE Ø 0,1 mm, avînd în general diametrul mediu $D_m = 3{,}4 \div 6$ mm și o înălțime de maximum 1,5 mm. Minibobinele au fost executate manual, pe un șablon adecvat și rigidizate prin impregnare cu lac.

Valoarea inducției — componenta normală pe suprafața de așezare a minibobinei — depinde de tensiunea electromotoare, e, măsurată la borne:

$$B_{max} = \frac{1}{ns} \int e \, dt$$

și de parametrii constructivi: n — numărul de spire și s — suprafața activă.

Constanta $c = ns$ a fiecărei bobine a fost determinată înainte de montare, cu o sursă de cîmp magnetic sinusoidal de 0,495 T, 50 Hz.

Pentru măsurarea fluxului magnetic s-au utilizat spire din CuE Ø 0,4, plasate pe suprafața suportului de fixare al minibobinelor.

Pentru fixarea traductoarelor de măsură s-au utilizat niște pene suport din sticlotextolit, de o formă adecvată, astfel încît să ocupe tot spațiul liber existent între suprafața frontală a dintelui, degetul de presare, bara înfășurării statorice, distanțoarele dintre capetele de bobină și inelul de presare și spațiul liber al canalului radial de ventilație dintre primul și al doilea pachet de tole.

În aceste pene-suport, pe fețele care sînt în contact direct cu suprafața dintelui, traductoarele de măsură se amplasează astfel:

— termocuplele se înglobează într-o masă de cositor, în așa fel încît sudura caldă să facă un contact intim cu suprafața dintelui;

— minibobinele se înglobează într-o masă de rășină epoxidică, astfel încît suprafața activă să fie paralelă cu suprafața dintelui, la o distanță de 0,2—0,3 mm;

— o spiră de flux, de formă dreptunghiulară, avînd lungimea egală cu lungimea dintelui și lățimea egală cu lățimea penei suport, fixată în fața activă a penei suport.

Penele-suport sînt prevăzute cu un sistem de canale prin care trec firele de conexiuni de la fiecare traductor de măsură; firele se adună într-un canal colector și ies în exterior fie prin partea dinspre jugul statoric, fie prin partea dinspre întrefier; canalele se astupă cu o rășină epoxidică.

Dispozitivele de măsură (penele suport cu traductoarele de măsură montate) se realizează separat pentru temperaturi și separat pentru inducții și fluxuri.

Dispozitivele de măsură se introduc în spațiile respectve prin presare dinspre întrefier. Consolidarea lor se face în mod similar cu consolidarea distanțoarelor și penelor dintre capetele de bobină; suplimentar se aplică și o rășină epoxidică, care are rolul de a rigidiza întregul ansamblu. Aceste măsuri realizează o funcționare sigură a dispozitivelor, neexistînd pericolul ca, din cauza vibrațiilor, să iasă în întrefier.

Dispozitivele asigură măsurarea temperaturilor, inducțiilor și fluxurilor pe cele trei fețe accesibile ale dintelui frontal: fața frontală, fața dinspre întrefier și fața dinspre canalul radial de ventilație. Suplimentar, se mai măsoară și temperatura locală a agentului de răcire (aer sau hidrogen).

În figura 1 se prezintă schițele unui dispozitiv de măsură, utilizat la un turbogenerator de 200 MW.

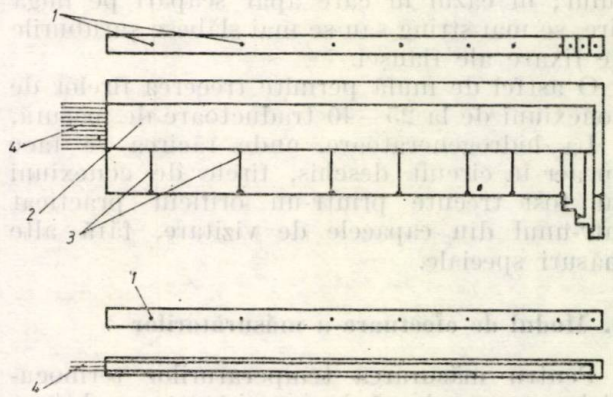


Fig. 1. Dispozitive de măsură: 1 — traductoare de măsură pentru inducții sau temperaturi; 2 — canal central pentru fire; 3 — canale secundare; 4 — fire de conexiune.

Mănunchiul de fire de conexiuni, matisat, a fost condus pe lîngă inelul de presare și jugul statoric spre locul de ieșire din generator,

fiind bine consolidat de elementele constructive din zonă.

Pentru ieșirea firelor de conexiuni din turbogeneratoarele răcite cu hidrogen, s-a utilizat o mufă specială (fig. 2). Mufa se compune din corpul propriu-zis, un disc de cauciuc rezistent la acțiunea uleiului și o flanșă. Corpul mufei se fixează prin sudură pe capacul de vizitare — acolo unde există — sau pe țeava de drenare a scăpărilor de ulei. Prin discul de cauciuc se trec, cu ajutorul unui ac de cusut, unul cîte unul, firele de conexiuni (blanc). Efectul de etanșare se obține prin strîngerea cauciucului în jurul firelor, la presarea lui cu flanșa respectivă.

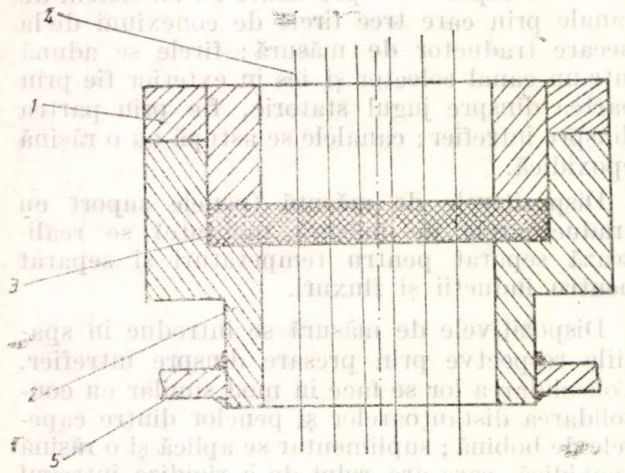


Fig. 2. Mufă pentru ieșirea firelor de conexiuni din generatoarele răcite cu hidrogen: 1 — flanșă; 2 — corpul mufei; 3 — disc de cauciuc; 4 — fire de conexiuni; 5 — perete capac vizitare sau țeavă drenaj.

Mufa se verifică din punctul de vedere al etanșării, prin proba de etanșare a generatorului; în cazul în care apar scăpări pe lîngă fire, se mai string sau se mai slăbesc șuruburile de fixare ale flanșei.

O astfel de mufă permite trecerea firelor de conexiuni de la 25—40 traductoare de măsură.

La hidrogeneratoare, unde răcirea se face cu aer în circuit deschis, firele de conexiuni au fost trecute printr-un orificiu practicat într-unul din capacele de vizitare, fără alte măsuri speciale.

2. Modul de efectuare a măsurătorilor

Pentru măsurarea temperaturilor termocuplele se racordează la înregistratoare electronice compensatoare automate, tip E36A 12FEA, adaptate pentru cupru-constantan, cu 12 canale fiecare și domeniul de măsură 0—150°C.

Pentru măsurarea inducțiilor și fluxurilor, minibobinele și spirele de flux se racordează la un amplificator — integrator, conceput și realizat special pentru acest gen de măsurători. Amplificatorul — integrator are constantele de amplificare 1, 2, 5, 10, 20, 50, 100, 200, 500, 1000 și constanta de integrare 0,0225 s, în domeniul de frecvență 50—1250 Hz. Aparatul este prevăzut cu o sursă internă de etalonare, reglabilă, indiferent de constanta de amplificare.

Deoarece amplificatorul-integrator are un singur canal de măsură, pentru automatizarea procesului de măsurători s-a realizat un aparat selector de căi analogice (ASCA—24) cu 24 canale. Aparatul permite transmisia prin două conductoare a unui număr de 24 mărimi independente în mod succesiv.

Pentru măsurarea propriu-zisă, semnalul de la amplificatorul-integrator se înregistrează pe un oscilograf cu hîrtie cu developare la lumina zilei, tip 12 LS, RFT.

Pentru măsurarea parametrilor de funcționare a generatorului în timpul probelor s-au utilizat aparate de măsură de clasă 0,2.

În timpul probelor generatorul studiat a funcționat în următoarele condiții:

— protecția de minimă excitație a fost scoasă din funcțiune;

— generatorul a funcționat cu reglaj automat al tensiunii;

— necesarul de putere reactivă a fost asigurat de către celelalte grupuri în funcțiune în centrală și prin aportul sistemului;

— s-au menținut constante: puterea activă și reactivă la bornele generatorului, tensiunea pe barele de înaltă tensiune, temperatura agentului de răcire.

Durata unei probe a fost condiționată de stabilizarea regimului termic al dintelui frontal statoric și de timpul necesar efectuării citirilor și înregistrărilor mărimilor respective.

3. Calculul temperaturilor în interiorul dintelui frontal

Scopul calculului este determinarea repartiției încălzirilor în interiorul dintelui frontal, pe direcție axială și radială și modul lor de variație în funcție de parametrii regimului.

Calculul se face în următoarele ipoteze:

— se cunosc condițiile pe frontiera dintelui, pentru fiecare regim de funcționare PQ luat în considerație și anume:

- repartiția inducției axiale pe fața frontală și pe fața dinspre canalul radial de ventilație;
- inducția radială pe fața dinspre întrefier;
- repartiția temperaturilor pe fața frontală, pe fața dinspre întrefier și pe fața dinspre canalul radial de ventilație;

— se aproximează repartiția temperaturilor pe fața corespunzătoare bazei dintelui, cu o variație liniară între valorile măsurate pe fața frontală și cele măsurate pe fața dinspre canalul radial de ventilație;

— se neglijează variația pe lățimea dintelui a mărimilor locale;

— se neglijează fluxurile laterale de dispersie;

— se neglijează reacțiunea magnetică a curenților turbionari induși de fluxul axial incident;

— se înlocuiește structura în foi a pachetului de tole cu un mediu compact (cu omogenitate locală), dar anizotrop;

— se admite că inducția axială scade pe direcție axială, de la fața frontală la fața dinspre canalul radial de ventilație, după o lege exponențială de forma:

$$B_x = B_e e^{-\alpha x}. \tag{1}$$

Pentru efectuarea calculelor, pe secțiunea longitudinală a dintelui frontal s-a format o rețea de discretizare rectangulară, cu M linii verticale (direcție radială) și N linii orizontale (direcție axială). Laturile dreptunghiurilor rețelei s-au ales astfel încît să se poată încadra exact conturul zonei treptelor retrase, iar punctele de măsură de pe frontieră să constituie noduri ale rețelei (fig. 3). S-a notat cu I numărul de ordine al liniei verticale, cu K numărul

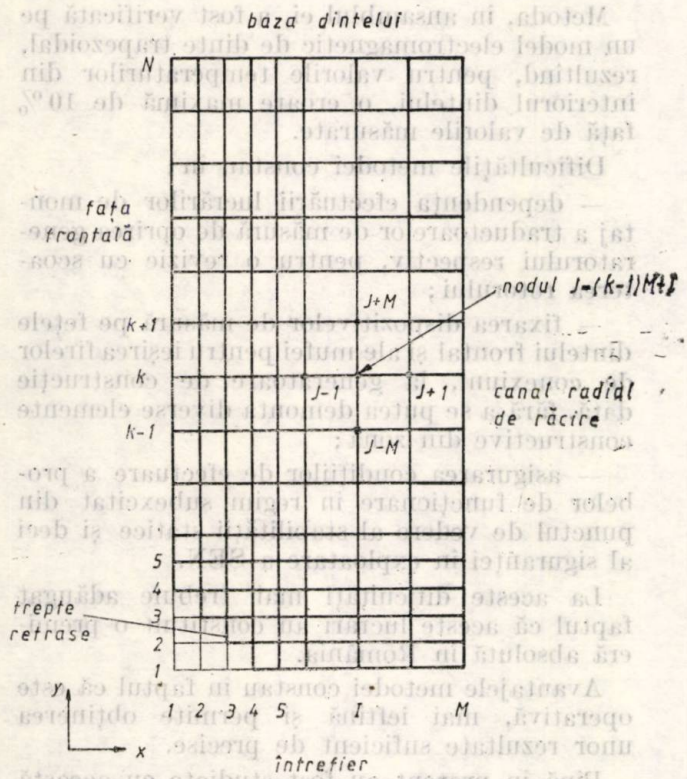


Fig. 3. Rețeaua de discretizare utilizată în cadrul programului TEMP.

de ordine al liniei orizontale și cu J numărul de ordine al nodului rezultat din intersecția celor două linii:

$$J = (K - 1)M + I. \tag{2}$$

Inducțiile axiale $B_a(J)$ se calculează în fiecare nod al liniilor orizontale cu relațiile:

$$B_a(J) = B_e(K)\, e^{-\alpha(K)x} \tag{3}$$

$$\alpha(K) = \frac{1}{c} \ln \frac{B_e(K)}{B_i(K)}, \tag{4}$$

unde:

$B_e(K)$ este inducția axială măsurată pe fața frontală;

$B_i(K)$ — inducția axială măsurată pe fața dinspre canalul radial de ventilație;

c — grosimea dintelui frontal.

Relația de calcul al inducției radiale B_r, în fiecare nod al rețelei, s-a dedus dintr-o ecuație de bilanț de fluxuri, scrisă pentru un volum infinit mic.

Relația obținută este de forma:

$$\frac{\partial B_r}{\partial y} = -\left[\frac{\partial B_x}{\partial x} + \frac{B_r(b-a)}{(b-a)y + aL}\right], \tag{5}$$

unde:

a este lățimea la vîrf a dintelui;

b — lățimea la bază a dintelui;

L — lungimea dintelui;

y — coordonata pe direcție radială.

Înlocuind pe B_x cu (3) rezultă:

$$\frac{\partial B_r}{\partial y} = \alpha B_a - \frac{B_r(b-a)}{(b-a)y + aL}. \tag{6}$$

Inducția radială în nodul J, în funcție de valoarea din nodul imediat vecin, $J - M$, pe aceeași linie verticală, este dată de relația:

$$B_r(J) = B_r(J - M) + \frac{\partial B_r(J-M)}{\partial y}\,\mathrm{d}y. \tag{7}$$

Înlocuind în această relație pe (6) se obține:

$$B_r(J) = B_r(J - M)\left[1 - \frac{(b-a)\,\mathrm{d}y}{(b-a)y + aL}\right] + \alpha B_a(J - M)\mathrm{d}y. \tag{8}$$

În continuare, se calculează în fiecare nod al rețelei pierderile specifice, în W/cm^3, datorate inducției axiale și radiale, cu relațiile:

$$P(J) = C_{ax} B_a^2(J) + C_{rad} B_r^2(J), \tag{9}$$

$$C_{ax} = \frac{\pi^2}{6} \cdot \frac{f^2}{\rho} a_m^2 F(\xi), \tag{10}$$

$$C_{rad} = w_1 \gamma, \tag{11}$$

$$F(\xi) = \frac{3}{\xi} \frac{sh\xi - \sin\xi}{ch\xi - \cos\xi},$$

$$\xi = \frac{a_m}{\delta}, \quad a_m = \frac{a+b}{2},$$

$$\delta = \sqrt{\frac{2\rho}{\omega\mu_x}}, \quad \mu_x = \frac{\mu_0}{1-k_f}, \quad \omega = 2\pi f,$$

unde:

ρ este rezistivitatea tolelor;
w_1 — pierderi specifice la 1T, 50 Hz;
γ — greutatea specifică a tolelor;
k_f — factorul de umplere.

Calculul repartiției temperaturilor în interiorul dintelui frontal se face prin integrarea ecuației transmisiei căldurii prin conducție, în regim staționar:

$$\frac{\partial^2\theta}{\partial x^2}\lambda_x + \frac{\partial^2\theta}{\partial y^2}\lambda_y + p = 0, \tag{12}$$

unde:

λ_x este conductivitatea termică în direcție axială;
λ_y — conductivitatea termică în direcție radială.

Pentru integrarea acestei ecuații s-a ales metoda diferențelor finite.

Prin linearizare, ecuația (12), pentru nodul J, devine:

$$\theta(J) = C_1(J)\theta(J+1) + C_2(J)\theta(J+M) + C_3(J)\theta(J-1) + C_4(J)\theta(J-M) + C_0(J)p(J), \tag{13}$$

unde:

$$C_1 = \frac{2\lambda_x}{h_1(h_1+h_3)}\cdot\frac{1}{D_0}, \quad C_2 = \frac{2\lambda_y}{h_2(h_2+h_4)}\cdot\frac{1}{D_0},$$

$$C_3 = \frac{2\lambda_x}{h_3(h_3+h_1)}\cdot\frac{1}{D_0}, \quad C_4 = \frac{2\lambda_y}{h_4(h_4+h_2)}\cdot\frac{1}{D_0},$$

$$C_0 = \frac{1}{D_0}\cdot, \qquad D_0 = 2\left(\frac{\lambda_x}{h_1h_3} + \frac{\lambda_y}{h_2h_4}\right),$$

iar h_1, h_2, h_3 și h_4 sînt distanțele de la nodul J la cele 4 noduri vecine.

În consecință, rezultă un sistem de ecuații lineare (13), cu un număr de ecuații egal cu numărul de noduri interioare ale rețelei de discretizare.

Sistemul de ecuații se rezolvă prin metoda Seidel-Gauss; pentru accelerarea convergenței soluției, se utilizează un factor de suprarelaxație fix $\omega = 1{,}6$, determinat prin încercări.

Întregul calcul se efectuează cu programul denumit „TEMP". În final, programul livrează, sub formă de tablouri, valorile în toate nodurile rețelei, ale următoarelor mărimi: inducțiile axiale, inducțiile radiale, pierderile specifice și temperaturile. În continuare se tipăresc coordonatele nodului în care se află temperatura maximă și valoarea ei.

Pe baza rezultatelor obținute, se poate analiza comportarea unui generator în regim subexcitat de durată și stabili limita termică maxim admisibilă de funcționare în acest regim. Pentru aceasta este necesar să se efectueze probe în regimuri inductive și capacitive, la puteri active cuprinse între puterea nominală și puterea corespunzătoare minimului tehnic.

5. Concluzii

Metoda de cercetare prezentată este o metodă hibridă, întrucît comportă o parte experimentală, care furnizează datele de intrare pentru partea de calcul.

Metoda, în ansamblul ei, a fost verificată pe un model electromagnetic de dinte trapezoidal, rezultînd, pentru valorile temperaturilor din interiorul dintelui, o eroare maximă de 10% față de valorile măsurate.

Dificultățile metodei constau în:

— dependența efectuării lucrărilor de montaj a traductoarelor de măsură de oprirea generatorului respectiv, pentru o revizie cu scoaterea rotorului;

— fixarea dispozitivelor de măsură pe fețele dintelui frontal și ale mufei pentru ieșirea firelor de conexiuni, la generatoare de construcție dată, fără a se putea demonta diverse elemente constructive din zonă;

— asigurarea condițiilor de efectuare a probelor de funcționare în regim subexcitat din punctul de vedere al stabilității statice și deci al siguranței în exploatare a SEN.

La aceste dificultăți mai trebuie adăugat faptul că aceste lucrări au constituit o premieră absolută în România.

Avantajele metodei constau în faptul că este operativă, mai ieftină și permite obținerea unor rezultate suficient de precise.

Pînă în prezent au fost studiate cu această metodă nouă tipuri de generatoare turbo și hidro, cu puteri cuprinse între 50 MW și 330 MW. Cercetările s-au concretizat prin stabilirea limitelor termice de funcționare în regim subexcitat de durată pentru fiecare tip de generator studiat și a instrucțiunilor de exploatare respective.

Bibliografie

[1] Postnikov, I. M. ş.a.: *Electromagnitnie i teplovie protesi v konţevih ceastiah moşcinih turbogheneratorov*. Iz. Naukova Dumka, Kiev, 1971.

[2] Groza, L., Greţu, D., Opaschi, P., Vreme, A., Zlatanovici D.: *Le fonctionnement dans des regimes anormaux et speciaux des grands hydrogenerateurs à petite vitesse de rotation*. CIGRE, 1972, rap. 11.07.

[3] Timotin, Al., Nicolae, Al.: *Sur la repartition du champ magnetique axial à la surface des dents de l'extremité du stator*. Revue Roumaine des Sciences Techniques, Electrotechnique et Energetique, 15, 3, 1970, p. 489.

[4] Simonyi, K.: *Electrotehnică teoretică*. Editura tehnică, Buc. 1974.

[5] Zlatanovici, D., Kertesz, T.: *Funcţionarea generatoarelor de mare putere în regim subexcitat (capacitiv)*. Generalizarea experienţei de exploatare, vol. 179, ICEMENERG, 1980.

[6] Zlatanovici, D.: *Generalizarea funcţionării generatoarelor din SEN în regim subexcitat (capacitiv)*. Sesiunea ştiinţifică ICEMENERG, 1980.

[7] Zlatanovici, D.: *Studiul experimental al cimpului magnetic şi termic pe un model electromagnetic de dinte trapezoidal*, Energetica, 31, 1983, nr. 6, p. 281 — 284.

(Primit la 4 octombrie 1982, acceptat la 24 aprilie 1983)

Noutăţi tehnico-ştiinţifice

Perfecţionări ale centralelor electrice geotermale

Autor: I. M. Berman

Se prezintă succint tipurile de resurse geotermale şi schemele de funcţionare. Se nominalizează ţările şi localităţile în care s-au realizat şi funcţionează în prezent centrale electrice bazate pe energie geotermică: abur geotermal, apă fierbinte utilizată pentru vaporizarea unui fluid de lucru. Se dau informaţii cu privire la stadiul actual şi perspectivele cercetărilor şi realizărilor practice în domeniul utilizării resurselor geotermale de tipul rocilor uscate fierbinţi, resurse geopresurizate etc.

Roci uscate fierbinţi

Energia conţinută în rocile uscate fierbinţi poate fi în mod obişnuit găsită la adîncimi de peste 2—3 mile sub scoarţa terestră şi se poate extrage prin injectarea apei reci, obţinîndu-se apă fierbinte, abur sau amestec apă-abur. Valoarea estimativă a energiei potenţial utilizabile (adîncimi de pînă la 10 km) în cele 50 de state ale S.U.A., la temperaturi de peste 150°C este de 13,2 mil. quad *, ceea ce reprezintă mai mult decît de 160 000 ori totalul anual al consumului de energie al S.U.A. În cazul rocilor cu permeabilitate scăzută (în care apa nu este rapid absorbită) exploatarea se poate face printr-un puţ de injecţie şi unul de producţie (recuperarea fluidului introdus). Datorită permeabilităţii scăzute a rocii se pierde numai o mică cantitate din fluidul injectat, astfel încît necesitatea adaosului de apă este scăzută. În cazul rocilor cu permeabilitate mare este necesară o reţea de injecţie şi de recuperare (producţie), precum şi o mai mare cantitate de fluid injectat.

Primele lucrări în cadrul programului privind rocile uscate fierbinţi au început în S.U.A. în 1972 la Laboratorul ştiinţific Los Alamos, în partea vestică a localităţii Valles Caldera, New Mexico (temperatura detectată circa 100°C). În 1974 a fost săpat un nou puţ la circa 1,5 mile de primul, temperatura în talpă fiind de circa 200°C. S-au găsit roci cu permeabilitate redusă, lucru confirmat de recuperarea în proporţie de 90% a apei injectate.

Resurse geotermice geopresurizate

Acestea constau din acvifere conţinînd gaze combustibile — în mod obişnuit metan — la presiuni considerabile. Aceste resurse se găsesc în zona Coastei Golfului din Texas şi Louisiana, în vecinătatea unor zăcăminte de ţiţei şi gaze. Ministerul Energiei din S.U.A. (DOE) a întocmit un program de investigare a acestor resurse în scopul determinării potenţialului, a cotei tehnice exploatabile, indicatorilor economici ai producţiei şi a celor aferenţi transformării acestor resurse în forme utilizabile de energie.

Aplicaţiile inginereşti au început în 1978 cu un foraj. S-au făcut şi localizări pentru foraje viitoare. Experimentările au fost dirijate către stabilirea posibilităţilor de utilizare a acestui tip de resurse, precum şi a tehnicilor de forare. Utilizarea resurselor geopresurizate în scopul producerii energiei electrice este condiţionată de rezultatele experimentale; se apreciază ca posibilă realizarea unei instalaţii cel mai devreme începînd cu finele anului 1983. Primele rezultate nu au fost încurajatoare. Rezervoarele individuale par a fi complet separate, astfel încît este necesară forarea unui puţ individual pentru fiecare; debitele obţinute din unele rezervoare au fost descurajant de mici.

Aspectele economice pledează împotriva folosirii resurselor geotermice geopresurizate în prezent, dar acestea ar putea deveni interesante în viitor.

Noi tipuri de centrale

Dacă fluidul de lucru şi fluidul încălzitor sînt nemiscibile se poate utiliza sistemul de încălzire cu contact direct. Astfel, zona El Dorado, Ark, posedă resurse geotermice bogate în brom, utilizate iniţial numai în scopul extragerii acestuia, după care apa era injectată în sol. Cu cîţiva ani în urmă s-a realizat un experiment de utilizare a apei fierbinţi după extragerea bromului, în scopul producerii energiei electrice. Fluidul de lucru utilizat este izopentanul, care vaporizează preluînd căldură de la apa fierbinte (într-un cazan cu amestec). Vaporii la o presiune de 50 psia se destind într-o turbină cu rotor din titan cu o singură treaptă, cu circa 18 000 rot/min. Generatorul produce circa 85 kW. Condensatorul este de tipul cu contact direct, bazat pe lipsa oricărei reacţii între izopentan şi apă şi lucrează în intervalul de presiuni de 10—20 psia. Componentele cu contact direct oferă mai multe avantaje: simplitate în proiectare şi construcţie, costuri mai scăzute etc.

Ministerul Energiei din S.U.A. a patronat o serie de demonstraţii privind utilizarea în mai multe scopuri a resurselor geotermale de 135°C, apa răcită fiind apoi utilizată în ferme piscicole, încălzirea serelor, încălzirea solariilor şi eventual reinjectată în pămînt la o temperatură mult mai scăzută decît cea iniţială.

(Traducere din: Power Engineering, iulie 1981, p. 58—66).

Ing. Natalia Burchiu

Evaluarea a opt concepte noi de ardere a cărbunelui

Opt noi concepte pentru sisteme de ardere a cărbunelui cu preţ scăzut, cu arderea curată, vor fi evaluate dacă convorbirile de contact între Ministerul Energiei S.U.A. şi cîteva companii selectate vor avea succes. Companiile alese pentru negocieri sînt:

- TRW Inc. Redondo Beach, California;

* 1 „quad" = 10^{22} BTU sau echivalent cu circa 10^8 barili petrol (15 mil. tone) sau 22 mil. tone cărbune.

- Avco Everett Research Laboratory Inc. Everett, Maschusetts ;
- Science Applications Inc. of La Jotla, California ;
- American Coal Enterprises Inc., Akron, Ohio ;
- Energy and Environmental Research Corp., Irvine, California ;
- Solar Turbines Inc., San Diego, California ;
- Foster Wheeler Development Corp., Livingston, New Jersey ;
- Management and Technical Consultants Inc., Columbia, Maryland.

În cursul anului 1983 au fost prevăzuți aproximativ 5,5 mil. dolari din fondurile federale pentru proiecte. Aceste proiecte sînt programate a fi realizate în perioade cuprinse între 6 luni și 4 ani.

Un aspect cheie al programului va fi dezvoltarea sistemelor de ardere a cărbunelui, care pot fi instalate în cazanele și focarele existente (cuptoarele) proiectate pentru păcură și gaze.

Propunerile TRW și Avco vizează testarea actuală a prototipurilor de instalații de ardere mici. Alte proiecte se concentrează asupra modelării pe calculator și altor analize, implicînd, în unele cazuri, echipamente la scară redusă sau echipamente de verificare în laborator.

TRW propune un proiect cu cost parțial pentru dezvoltarea sistemului de ardere cu îndepărtarea cenușii, prin care s-ar putea converti ușor un cazan existent pe păcură pentru a arde cărbune. Sistemul cu emisie-reducere arde cărbunele în trepte ; în prima treaptă cărbunele este ars parțial, iar zgura îndepărtată. Focarele existente ale cazanelor sînt folosite ca a doua treaptă pentru desăvîrșirea procesului de ardere.

Sistemul Avco folosește un proiect de ardere a cărbunelui cu zgurificare compactă, care este montat în afara cazanului pe păcură, prevenind intrarea cenușii cărbunelui în cazan. Avco prevede că acest proiect va fi eficient în captarea unei mari părți a cenușii într-un mod mai eficient (energetic) decît proiectele similare folosite anterior.

SAI propune folosirea unui proces de oxidare umedă, care să elimine degajarea NO_x, SO_2, SO_3 și particulelor solide către atmosferă. Oxidarea umedă este o tehnică (procedeu) nouă în arderea cărbunelui și este legată de un număr de procese de control (reglare) al pierderilor industriale și chimice. Specialiștii SAI cred că sistemul va fi potrivit pentru arderea unor combustibili, precum amestecuri cărbune-apă.

Propunerea EERC se bazează pe folosirea unui sistem de ardere conținînd turbioane. Sistemul îndepărtează selectiv particulele de cenușă într-un arzător cu dimensiuni de $\frac{1}{5}$ pînă la $\frac{1}{6}$ din cele ale proiectelor convenționale.

ACE intenționează să modifice conceptul sistem de ardere pentru producerea gazului. Această tehnologie este în mod curent folosită pentru îmbunătățirea performanței și randamentului de ardere a cărbunelui la locomotivele pe cărbune, dar nu a fost testată în aplicațiile de conversie a cazanelor industriale arzînd păcură.

STI propune să demonstreze folosirea unui sistem de îndepărtare a particulelor cu separator de impact. Această instalație se va amplasa între arzător și cazan, pentru a îndepărta zgura sau cenușa din gazele fierbinți înainte să intre în cazan.

FWDC intenționează să cerceteze fezabilitatea unui sistem de ardere a cărbunelui prin care se amestecă cărbune și apă la înaltă presiune, după care presiunea se scade pentru a se fărîmița cărbunele la dimensiuni superfine. În acest mod pot fi separate impuritățile de cenușă, care au dimensiuni diferite de cele ale cărbunelui.

MTC va folosi tehnologia de ardere „plus" pentru a arde amestecul de cărbune/lichid în cazan și cuptor, proiectate pentru păcură. Această tehnică (procedeu) poate fi un mijloc eficient de control al cantității de cenușă și NO care părăsesc focarul menținînd, în același timp, randamente înalte de ardere.

(Traducere din Modern Power Systems, mai, 1983)

Ing. Anton Roșu

Pornirea celei mai mari centrale solare cu cogenerare

În mai a intrat în funcțiune la Shenandoah, Georgia, S.U.A., cea mai mare centrală solară cu cogenerare, care furnizează, la un randament de 70%, circa 50% din necesarul de energie electrică, abur tehnologic și aer condiționat pentru o fabrică de tricotaje. Centrala este dotată cu 114 concentratoare parabolice, care încălzesc o soluție pe bază de siliciu. Din vasul de acumulare de 41639 l, aceasta trece într-un schimbător de căldură, obținîndu-se abur care antrenează un grup turbogenerator de 404 kW. Aburul este utilizat, de asemenea, pentru condiționare (instalație cu absorbție) și pentru călcarea tricotajelor produse de fabrică.

(Traducere din Modern Power Systems, sept. 1982)

A.R.

Roboți pentru centralele nucleare

În Japonia centralele nucleare vor fi echipate cu roboți pentru schimbarea combustibilului și acționarea barelor de control de la distanță. De asemenea, aceștia vor acționa supapele de siguranță pentru ventilație, decontaminarea pardoselilor, monitoarele de radiații, preluarea probelor de apă și gaze, atît la funcționarea normală, cît și în caz de accident.

(Traducere din Modern Power Systems, sept. 1982)

A.R

Procedeul ALVIS de îmbogățire a uraniului

În S.U.A. a fost pus la punct procedeul ALVIS de îmbogățire a uraniului metalic. Un curent de vapori conținînd uraniu metalic este expus acțiunii laserilor. Atomii de U—235, ionizați selectiv, sînt colectați de un cîmp electromagnetic, rezultînd un produs îmbogățit, în vreme ce atomii neutri de U—238 trec printr-un colector de uraniu sărăcit. Un model experimental, bazat pe acest procedeu, va fi pus în funcțiune pînă în 1987.

(Traducere din Modern Power Systems, sept. 1982)

AR.

Centrala solară „Solar One" a intrat în funcțiune

Cea mai mare centrală solară pilot — 10 MWe — a intrat în funcțiune în deșertul Mojave, California, S.U.A. și a fost conectată la rețeaua electrică care alimentează sudul Statelor Unite. Centrala este echipată cu peste 1800 heliostate, care reflectă razele soarelui asupra unor schimbătoare de căldură aflate în vîrful unui turn înalt de 91 m ; se obține abur supraîncălzit, care antrenează grupul turbogenerator.

(Traducere din Modern Power Systems, sept. 1982)

A.R.

Cea mai mare instalație prevăzută cu celule fotovoltaice

La Victorville, California, S.U.A., va intra în funcțiune cea mai mare instalație prevăzută să furnizeze energie electrică utilizînd celule fotovoltaice. Instalația cuprinde două invertoare a cîte 500 kW, urmînd să fie instalat și un al treilea invertor, de aceeași capacitate.

(Traducere din Modern Power Systems, sept. 1982)

A.R.

Celule fotovoltaice cu un randament de conversie de 8,5 %

În Japonia s-au realizat celule fotovoltaice amorfe, cu o suprafață a elementului de 9 mm^2 și un randament de conversie de 8,5 %. Celulele sînt de tip multistrat, cu joncțiuni

multiple și pot utiliza razele soarelui într-un domeniu larg de lungimi de undă. Utilizînd joncțiuni P—N la conexiunea dintre straturi, tensiunea furnizată este de 2,2 V. Firma Mitsubishi intenționează să realizeze pînă la sfîrșitul lui iulie 1984 celule fotovoltaice multistrat, de tip amorf, cu o suprafață a elementului de 100 cm² și un randament de conversie de 8—10 %.

(Traducere din Modern Power Systems, sept. 1982)

A.R.

Celule fotovoltaice amorfe pe bază de siliciu cu un randament de 9,2 %

În S.U.A. s-au realizat celule fotovoltaice care utilizează siliciu în stare amorfă. Randamentul obținut este de 9,2 %, dar se prevede o creștere de pînă la 20 % într-un viitor apropiat.

(Traducere din Modern Power Systems, sept. 1982)

A.R.

Procedeul pv fișie lîngă fișie realizat la scară comercială

Procesul fișie lîngă fișie RTR de producere a celulelor fotovoltaice a fost realizat la scară comercială. Prin acest proces fișiile de siliciu sînt produse direct, fără a fi necesară realizarea unui lingou din siliciu, din care să fie tăiate ulterior fișiile.

În procesul RTR, o fișie de siliciu microcristalin este depusă temporar pe un strat suport din molibden, sub efectul presiunii ridicate a $SiHCl_3$, adus în stare de plasmă. Fișia microcristalină, depusă cu o viteză de 5 microni/minut pînă la o grosime de 100÷200 microni, o lățime de 2÷7,5 cm și o lungime de 13—30 cm, poate fi separată printr-un proces de expansiune termică (TESS). Acesta constă în supunerea fișiei și a stratului-suport unui gradient de temperatură; ca urmare golurile microscopice, denumite viduri Kirkendall, sînt generate în cea mai apropiată suprafață plană a fișiei de siliciu față de stratul de molibden. Substratul temporar de molibden poate fi recuperat prin măcinare mecanică sau prin electropolizare și poate fi reutilizat în mod repetat pentru producerea altor fișii microcristaline de siliciu. În această fază a procesului, fișia de siliciu conține granule de ordinul micronilor, care sînt prea mici pentru a permite realizarea celulelor fotovoltaice eficiente și trebuie măcinate printr-un procedeu de recristalizare (RTR). Urmele de MoSi sînt îndepărtate cu ajutorul plasmei, iar fișia de siliciu, aflată într-o casetă specială, este introdusă într-un cuptor cu laseri sau cu fascicul de electroni.

În oricare din aceste două cazuri, fasciculul direct determină topirea unei zone înguste a stratului microcristalin și formarea unor cristale mai mari, cu lățimi de ordinul milimetrilor. Periferia fișiei nu este topită, pentru a mări suplimentar stabilitatea zonei topite. Fișia recristalizată este apoi supusă procedeului clasic de obținere a celulelor fotovoltaice. Rezultatele obținute pînă acum au condus la celule fotovoltaice cu un randament cuprins între 10—12 %, pentru suprafețe de pînă la 50 cm².

(Traducere din Modern Power Systems, sept. 1982)

A.R

CRONICĂ

Simpozionul CESI '83
COMO 16 iunie—MILANO 17 iunie 1983

În perioada 16—17 iunie 1983 a avut loc la COMO și MILANO Simpozionul CESI '83 cu tema „Tendințe în condițiile tehnice pentru echipamentele de comutație de înaltă tensiune".

La simpozion au participat circa 200 de specialiști din 30 de țări. Printre participanți au fost: L. Paris — președinte CT CIGRE, E. Slamecka — președinte CS—13 al CIGRE, L. Dadda — rector al Politehnicii din Milano, G. Catenacci — președinte al CESI, F. Corbellini — președinte al ENEL. Delegația română a fost formată din dr. ing. Gh. Bălan — director adjunct științific la ICEMENERG și ing. V. Onu — cercetător științific, șeful Stației de mare putere a ICEMENERG.

Lucrările au fost prezidate de Luigi Paris — președinte al Asociației Italiene de Electrotehnică și Electronică. În deschiderea lucrărilor, participanții au fost salutați de Antonio Spalino — primarul orașului Como.

Simpozionul a fost organizat pe patru secțiuni desfășurate succesiv, și anume:

1. Sisteme puternic interconectate și sisteme de transmisie la distanțe mari.
2. Aparataj de 1000 kV cu izolație în gaz.
3. Dezvoltarea aparatajului de comutație.
4. Metode de încercare.

În cadrul fiecărei secțiuni s-a prezentat un referat amplu de sinteză, cu titlul corespunzător secțiunii, urmat de alte cîteva referate abordînd fiecare un anumit aspect al problemei generale.

Fiecare autor și-a prezentat referatul folosind planșe, diapozitive, filme.

După simpozion au fost organizate vizite tehnice la Laboratoarele CESI și la Stația Experimentală de 1000 kV de la Suvereto.

Vizita tehnică la Laboratoarele CESI

CESI reprezintă Centrul de cercetare în domeniul electrotehnic subordonat Ministerului Industriei și Comerțului din Italia și deservind întreprinderile constructoare de echipamente și Departamentul de producere, transport și distribuție a energiei electrice din Italia (ENEL), care deține 66 % din acțiunile CESI.

Obiectivele principale ale CESI sînt orientate în direcția îmbinării armonioase a intereselor între utilizatorii și producătorii de echipamente de comutație de înaltă tensiune.

CESI este o organizație independentă, cu largi posibilități de a uni resursele materiale și umane și a le concentra în direcția rezolvării multor probleme legate de funcționarea sigură a sistemelor energetice.

Serviciile oferite de CESI acoperă toate domeniile de interes practic, de la studii de comportare a sistemelor de producere, transport, distribuție și utilizare a energiei electrice, pînă la îmbunătățirea performanțelor echipamentului electric utilizat, inclusiv studierea fenomenelor care apar la aceste echipamente.

Organizație cu o vechime de peste 25 de ani, cunoscută în lumea întreagă, are laboratoare care acoperă toate cerințele din partea producătorilor și a utilizatorilor în acest domeniu.

Lucrările acestui centru sînt orientate în următoarele direcții principale:

— experimentări, probe pentru dezvoltarea echipamentelor electrice și metodelor de încercare;

— probe pentru verificarea calității echipamentelor — CESI fiind instituția autorizată să elibereze certificate de omologare;

— studii și analize de sistem ;
— studii privind proiectarea și dezvoltarea rețelelor electrice ;
— probe și măsurători în sistem ;
— activități de consulting privind ingineria sistemelor electrice și tehnologia echipamentelor din centrale și rețele, pentru Italia și străinătate.

Au fost vizitate : Laboratorul de mare putere, Laboratorul de înaltă tensiune, Laboratorul de analiză a rețelelor, Centrul de prelucrare automată a datelor.

În cadrul vizitei a avut loc și inaugurarea oficială a noului laborator de mare putere al CESI, laborator dispunînd de un generator de P_{sc}=2000 MVA (60 kV, 120 kA) și o baterie de condensatoare cu energie de 3000 kJ și tensiune de 550 kV c.c., formînd împreună o schemă sintetică de încercare în regim de scurtcircuit la borne ; opoziție de fază și defect kilometric.

De remarcat în schema noului laborator faptul că toate manevrele de realizare a schemei de încercare (conexiuni pe transformatoare, pe bobinele de reactanță etc.), execuția probei și prelucrarea datelor se fac prin calculator.

În laboratorul de înaltă tensiune s-au remarcat instalațiile și posibilitățile de încercare a izolațiilor poluate (diferiți agenți poluanți) pînă la 1400 kV impuls de comutație.

În toate laboratoarele vizitate s-a observat un grad ridicat de automatizare în desfășurarea lucrărilor și prelucrarea datelor, utilizînd microprocesoare și calculatoare.

Vizita tehnică la Stația experimentală de 1000 kV de la Suvereto

„Proiectul 1000 kV", cum este denumit curent acest centru experimental, a fost realizat în 1971 la solicitarea ENEL și lărgit prin colaborarea cu Argentina și Brazilia.

În prezent sînt în fază finală studiile pentru realizarea unei stații pilot de 1000 kV cuplată cu Stația experimentală, execuția acesteia fiind prevăzută în perioada 1984—1986.

Principalele echipamente și instalații cuprinse aici sînt : un km de linie experimentală pentru probe de izolație, mecanice și corona, un model de linie (cușcă) pentru probe corona : platforme pentru probe de componente de linii, echipamente și cabluri, precum și toate echipamentele necesare încercărilor la foarte înaltă tensiune (transformatoare, generator de impuls etc.).

Se remarcă parametrii echipamentelor de încercare ce permit probe de izolație la frecvență industrială pînă la 1600 kV ef. și impuls pînă la 6 MV (500 kJ) și posibilitatea ca generatorul de impuls să funcționeze împreună cu cascada de transformatoare la încercări între faze.

Toate încercările și prelucrarea datelor sînt dirijate prin calculator.

Concluzii

În urma audierii referatelor și vizitării obiectivelor tehnice sus-menționate se desprind o serie de concluzii :

— În etapa actuală cînd producerea de energie este centralizată tot mai mult în centrale electrice mari, nucleare sau pe cărbune, și este necesar să se transporte puteri mari pe distanțe lungi, soluția optimă este aceea a utilizării de tensiuni de transport foarte înalte 750—1000 kV.

— În domeniul echipamentelor de comutație din stațiile electrice se conturează clar avantajele echipamentului capsulat izolat cu gaz (hexafluorură de sulf) ; există deja experiență de exploatare cu echipamente de 800—1000 kV, și proiecte și experimentări pentru echipamente de 1200—1600 kV.

Întreruptoarele cu SF_6 la înaltă și cu vid la medie tensiune vor înlocui treptat întreruptoarele cu ulei și cu aer comprimat.

Nu se așteaptă realizarea în următorul deceniu a unor întreruptoare economice bazate pe semiconductoare sau supraconductivitate.

— În domeniul metodelor de încercare tendința actuală este de dezvoltare și perfecționare a metodelor sintetice și indirecte de încercare, singurele capabile să asigure acoperirea capacității de rupere a întreruptoarelor mereu în creștere și să furnizeze un volum mare de rezultate în timp scurt și cu costuri minime. Noțiunea de probe sintetice se extinde de la regimul de scurtcircuit la borne și la regimul capacitiv, la curenții mici inductivi etc.

— În tehnica încercărilor, în manevrele în stații, în supravegherea utilajelor și prelucrarea mărimilor electrice de regim normal sau de încercare, un rol tot mai mare îl au microprocesoarele și calculatoarele apte să asigure o supraveghere complexă și corelată cu un ansamblu de stări și procese și să furnizeze în timp foarte scurt date și informații privind funcționarea sistemului supravegheat.

— O idee realizată pregnant a fost aceea a legăturii continue dintre laboratoarele de încercări din lume în scopul dezvoltării metodelor și schemelor de încercare, a normării schemelor utilizate și validării metodelor de încercare.

Lista referatelor prezentate

Secțiunea Sisteme și transmisii la distanțe lungi

— J.E. Beehler (AEP—SUA) : Sisteme puternic interconectate.
— A. Alazrachi (EDEICA—Venezuela) : Sisteme de transmisie la distanțe mari.
— G. Manzoni (ENEL—Italia) : Rețeaua de transporturi de înaltă tensiune a ENEL și întreruptoarele sale.
— C. Morris (CEGB—Anglia) : Sistemul de transport de 400 kV al CEGB. Cerințe pentru întreruptoare.
— C.N. Hanada (CESP—Brazilia) : Funcționarea separatoarelor și transformatoarelor de curent în sistemul de transport al CESP.
— F. Santoyo R, J. L. Montemayor, E.G. Enriquez H (Mexic) : Soluții ale unor probleme ale liniilor de transport de înaltă tensiune din Mexic. Proiecte ale liniilor de transport și stațiilor.
— G. A. Barril (IREQ—Canada) : Tendințe în cerințele pentru viitoarele echipamente ale stațiilor pentru Hydro-Quebec.
— H. Suiter (RWE—AG—RFG) : Rețeaua de 380 kV a RWE.
— E. F. Raynham, R. A. Hopkins (ESCOM—Africa de Sud) : Stațiile și liniile de transport de 800 kV ale ESCOM.

Secțiunea Aparataj de comutație cu izolație gazoasă

— G. Mazza, B. Mazzoleni (ENEL, MAGRINI—GL—Italia) : Aparataj de comutație de 1000 kV cu izolație gazoasă.
— F. Le Manx, G. Voisin (Delle-Alst—Franța) : Stații capsulate de 800 kV în SF_6. Experiență de exploatare. Proiecte pentru parametrii 1200—1600 kV.
— P. Leupp (BBC—Elveția) : Contribuții privind aparatajul de 1000 kV cu izolație gazoasă.

— E. Haginomori (Tosiba—Japonia) : Dezvoltarea stațiilor capsulate cu izolația gazoasă de foarte înaltă tensiune în Japonia.

— L. E. Nora Dias (Furnas—Brazilia) : Studii privind coordonarea izolației la stațiile de 500 kV cu izolație gazoasă ca bază pentru specificațiile viitoare.

Secțiunea Dezvoltarea echipamentelor de comutație.

— H.H. Schramm (Siemens AG—RFG) : Dezvoltarea echipamentului de comutație.

— E. Ruoss (BBC—Elveția) : Unele aspecte ale dezvoltării aparatajului de comutație.

— J. Martin, P. Sigward (Alsstom Atlantique—Franța) : Noi soluții privind înserierea rezistențelor de închidere la întreruptoarele de înaltă tensiune cu SF_6.

— H. Kuwahara (Mitsubishi—Japonia) : Tehnologii moderne pentru dezvoltarea aparatajului în SF_6.

— M. Lissandrin (Magrini Gal—Italia) : Dezvoltarea întreruptoarelor de înaltă tensiune.

Secțiunea Metode de încercare

— S. Rovelli (CESI—Italia) : Metode de încercare.

— M.N.D. de Vries (KEMA—Olanda) : Situația actuală și dezvoltarea viitoare a laboratoarelor de mare putere.

— C. Dubantan (EDF—Franța) : Metodologia de încercare, o organizare specială a laboratorului de mare putere.

Lista materialelor obținute

— CESISIMPOZIUM 83 — Culegerea referatelor prezentate enumerate mai sus.

— CESI — Prezentarea laboratoarelor și serviciilor asigurate.

— CESINEWS nr. 3/83 — Noul laborator de mare putere.

— ENEL — Prospect privind organizarea și activitatea.

— Studii și Cercetări ENEL — 1982 — Culegere de lucrări realizate de personalul ENEL în 1982.

— ENEL — Activitate de construcții în 1981.

— ENEL — Utilizarea energiei solare.

— ENEL — Centrala solară de la Adriano.

— ENEL — Centrala hidroelectrică de acumulare prin pompare de pe lacul Delio.

— Proiectul 1000 kV — Un proiect internațional de cercetare și dezvoltare pentru transportul în U.I.T.

— G. Aldovani, E. Colombo : Comportarea întreruptoarelor la deconectarea transformatoarelor în gol.

— S. Manganaro ș.a. : Experiența în aplicarea, proiectarea și încercarea stațiilor capsulate în SF_6.

— E. Rixi, R. Manara : Studiul tensiunii tranzitorii de restabilire a întreruptoarelor de 400 kV a sistemului asociat Vribante-Caparo (Venezuela).

— P. F. Lionetto, I. Heller : Analizorul de rețea și releele statice rapide.

— L. Thione, S. Rovelli, G. Carrara : Rolul centralelor de încercări în dezvoltarea sistemelor de transport de U.I.T.

— E. Molteni, A. Bossi : Măsurarea descărcărilor parțiale în timpul probelor de impuls de comutație la transformatoarele de putere.

— G. Borganovo ș.a. : Studii privind aplicațiile posibile ale elementelor statice în viitoarele sisteme de transport de U.I.T.

— G. Catenacci ș.a. : Planificarea transportului de energii mari pe distanțe lungi pentru o utilizare mai rațională a resurselor hidro îndepărtate de centrale consumatoare.

— A. Pigini ș.a. : Fenomene tranzitorii rapide cauzate de manevre cu separatoarele.

— A. D. Stokes, S. Manganaro ș.a. : Întreruptorul cu SF_6 tip Puffer. Vizualizarea arcului electric la ruperea pe defect.

— G. Carrara ș.a. : Separatorul de U.I.T. Supratensiuni de comutație, proiectarea și încercarea izolației externe.

— M. R. Barrault : Întreruptoare cu înaltă presiune și modele.

— M. Hosokawa ș.a. : Supratensiuni de reamorsare determinate de separatoarele din celulele capsulate și probele de simulare a reaprinderii arcului.

— S. Rovelli, G. Mazza : Cerințe și posibilități de probe pentru întreruptoarele de IT.

— L. Paris ș.a. : Pregătiri tehnice pentru introducerea unui nou nivel de tensiune în sistemele de U.I.T.

OBSERVAȚII :

Aceste materiale pot fi consultate la Stația de mare putere — ICEMENERG.

Dr. ing. Gh. Bălan — ICEMENERG
Ing. V. Onu — ICEMENERG

A. Carabulea, I. Gh. Carabogdan. **Modele de bilanțuri energetice reale și optime**, Editura Academiei R. S. România, 1982, 325 p.

Publicată în prestigioasa editură a Academiei R. S. România, prezenta lucrare își propune să ofere cititorilor o interesantă sinteză a principalelor probleme legate de modelarea și realizarea bilanțurilor energetice, o tematică de maximă actualitate pe plan științific, tehnologic și economic. Depășind stadiul unor lucrări anterioare care prezentau în mod selectiv și unilateral probleme de energetică, lucrarea recenzată are la bază o gîndire modernă, sistemică. Problemele sînt abordate în mod global electro și termoenergetic, respectiv în complexitatea lor tehnologică și economică. Această abordare intrinsecă a proceselor energetice devine posibilă prin folosirea unui nivel ridicat de abstractizare și a unui instrument matematic adecvat.

Autorii acestei lucrări sînt cadre didactice la Institutul politehnic București, cu o bogată experiență didactică și de cercetare în domeniul energetic. O serie de rezultate originale sînt expuse și în prezenta lucrare.

Cartea este structurată pe 9 capitole și două anexe; ea cuprinde o bogată listă cu referințe bibliografice, un indice de termeni, rezumatul și cuprinsul în limba engleză.

Primul capitol constituie o *Introducere* în tematica abordată, conturînd cadrul conceptual și subliniind importanța problemelor energetice la noi în țară, precum și prevederile documentelor de partid și de stat privind necesitatea realizării, cît mai devreme, a independenței energetice a României.

Capitolul 2, *Calitatea proceselor energetice*, sintetizează conceptele de bază specifice analizei calitative și cantitative a proceselor energetice. Sînt definite astfel noțiunile de exergie și anergie a căldurii pentru diferitele forme ale agenților termici, randamentul energetic și exergetic al proceselor energetice, precum și principalii indicatori de eficiență ai proceselor de schimb de căldură și ai aparatelor respective.

Capitolul 3, *Concepția elaborării bilanțurilor energetice*, prezintă principalele probleme legate de motivația, clasificarea și structura bilanțurilor energetice. Sînt prezentate principalele etape și metodologiile specifice de întocmire a bilanțurilor electroenergetice, termoenergetice și a bilanțurilor energetice generale. Totodată, se fac referiri la metodele de măsurare a mărimilor folosite în calculul bilanțurilor. Se remarcă bogăția de idei și buna sistematizare a materialului informativ prezentat. Regretăm prezența unor erori în exprimarea unităților de măsură în relațiile 3.50—3.53, 3.56 și 3.57 (de exemplu J/kgf în loc de J/kg), precum și unele inconsecvențe în folosirea S.I. de unități de măsură (de exemplu folosirea kcal/kg°C în relațiile 3.59 și 3.60).

Capitolul 4, *Teoria optimizării bilanțurilor energetice*, prezintă principalele elemente matematice de optimizare a bilanțurilor energetice, avînd în vedere, pe de o parte, complexitatea structurii sistemelor de energie, iar pe de altă parte disponibilitățile de calcul ale cercetării operaționale. O problemă de bază în determinarea soluției optime a unui bilanț energetic o formează clasa de prețuri utilizate. În acest context, sînt prezentate în lucrare modele de formare și optimizare a prețurilor la nivelul sistemelor complexe. Referitor la clasificarea folosită în lucrare, de bilanțuri „momentane" și de „perspectivă", îmi exprim anumite rezerve de ordin semantic, întrucît conținutul și sfera noțiunii de „momentan" nu pot reflecta multitudinea de bilanțuri reale care se pot face și care nu sînt totuși de „perspectivă".

Capitolul 5, *Modele pentru bilanțuri energetice de perspectivă*, constituie o continuare logică a capitolului precedent, în sensul prezentării modelelor matematice necesare prognozei structurii sistemelor de energie și ilustrării acestor modele cu scheme logice.

Capitolul 6, *Metode și modele de aplicare a condițiilor de optim pe structura unui bilanț energetic real*, oferă o ilustrare detaliată a modului de aplicare în practică a teoriei matematice expuse în capitolele precedente. Ca obiecte de analiză se consideră un bilanț real electroenergetic, cu accentul pus pe optimizarea factorului de putere, și un bilanț real termoenergetic, cu indicarea posibilităților de transformare a acestuia într-un bilanț evasioptim.

Capitolul 7, *Elaborarea asistată de calculator a bilanțurilor energetice*, prezintă o serie de informații interesante privind folosirea capacităților moderne de calcul la culegerea datelor necesare, la elaborarea și respectiv la optimizarea bilanțurilor la nivelul sistemelor energetice naționale. Pentru păstrarea unei omogenități de prezentare a lucrării de față, consider că în realizarea acestui capitol se putea renunța la unele date descriptive ale sistemelor de calcul și a limbajelor aferente, insistîndu-se pe elementele matematice ale energeticii computaționale.

Capitolul 8, *Teoria cazurilor exemplificată pe structuri de bilanțuri energetice*, constituie într-un anumit fel partea aplicativă a prezentei lucrări. Bilanțurile reale electroenergetice și termoenergetice selectate pentru acest capitol sînt de un real folos cititorilor implicați în elaborarea bilanțurilor energetice. Remarcăm în mod deosebit bilanțul energetic real și optim al cazanului CR—9, pentru bogăția de informații prezentate și gradul de detaliere și completitudine realizat. Deosebit de interesante sînt și exemplele de aplicare a teoriei cazurilor la optimizarea bilanțurilor energetice de perspectivă.

Capitolul 9, *Indicatorii tehnico-economici pentru determinarea eficienței bilanțurilor energetice*, constituie un corolar necesar al întregii lucrări, atît prin prezentarea unor indicatori sintetici specifici bilanțurilor energetice, cît și prin importanța lor practică deosebită. Capitolul prezintă totodată o serie de exemplificări privind determinarea eficienței bilanțurilor energetice și a organizării sistemelor de energie.

În anexele 1 și 2 sînt prezentate date privind programul de producere a energiei în cincinalul 1981—1985 și dezvoltarea bazei energetice a țării pînă în 1990 și respectiv date de calcul pentru o serie de bilanțuri energetice.

În ansamblu, cartea se remarcă printr-un nivel științific elevat și printr-o abordare modernă, sistemică a problemelor energetice, în complexitatea lor structurală și fenomenologică. Se impune, de asemenea, sublinierea efortului deosebit făcut de autori de a pune la îndemîna cititorilor un instrument de analiză tehnico-economică adecvat elaborării și optimizării bilanțurilor energetice. Utilitatea lui decurge în mod direct din importanța teoretică și practică a înțelegerii și soluționării optime a acestor bilanțuri.

Dr. ing. C. Brătianu
Institutul politehnic București

ÎNTREPRINDEREA DE COMERŢ EXTERIOR

ENERGOIMPEX

Întreprinderea de comerţ exterior „ENERGOIMPEX" a fost creată în anul 1977.

„ENERGOIMPEX" este singura întreprindere de comerţ exterior din R.P.Bulgaria, care importă cărbune energetic şi alţi agenţi energetici.

În domeniul energiei electrice „ENERGOIMPEX" colaborează multilateral în cadrul sistemului energetic unificat „MIR" al ţărilor socialiste membre CAER.

„ENERGOIMPEX" întreţine legături comerciale strînse cu Turcia, Grecia şi R.S.F.Iugoslavia.

„ENERGOIMPEX" realizează construcţia liniilor electrice de transport, a staţiilor de joasă, medie şi înaltă tensiune şi efectuează servicii consulting în Libia, Angola, Siria etc.

În calitate de comisionar, Întreprinderea de comerţ exterior „ENERGOIMPEX" importă instalaţii şi echipamente pentru industria energetică bulgară.

ENERGOIMPEX

Sofia, C.P. 801 Telefon 51.88.67, telex 22669

Trustul de Construcții Hidroenergetice BUCUREȘTI

TCH

A EXECUTAT

61 BARAJE de următoarele tipuri :

39 DE GREUTATE DIN BETON — printre care :
. BICAZ H = 127 m ; volum beton = 1,6 mil m^3

13 DE BETON IN ARC — printre care :
. VIDRARU H = 166,6 m ; volum beton = 480 mii m^3

3 DE BETON CU CONTRAFORTI — printre care :
. POIANA UZULUI h = 80,5 m ; volum beton = 720 mii m^3

6 DE ANROCAMENTE — printre care :
. VIDRA H = 121 m ; volum anrocamente = 3,5 mil m^3

59 CENTRALE HIDROELECTRICE de tipul :

5 SUBTERANE — printre care :
. LOTRU CIUNGET, P_i = 510 MW

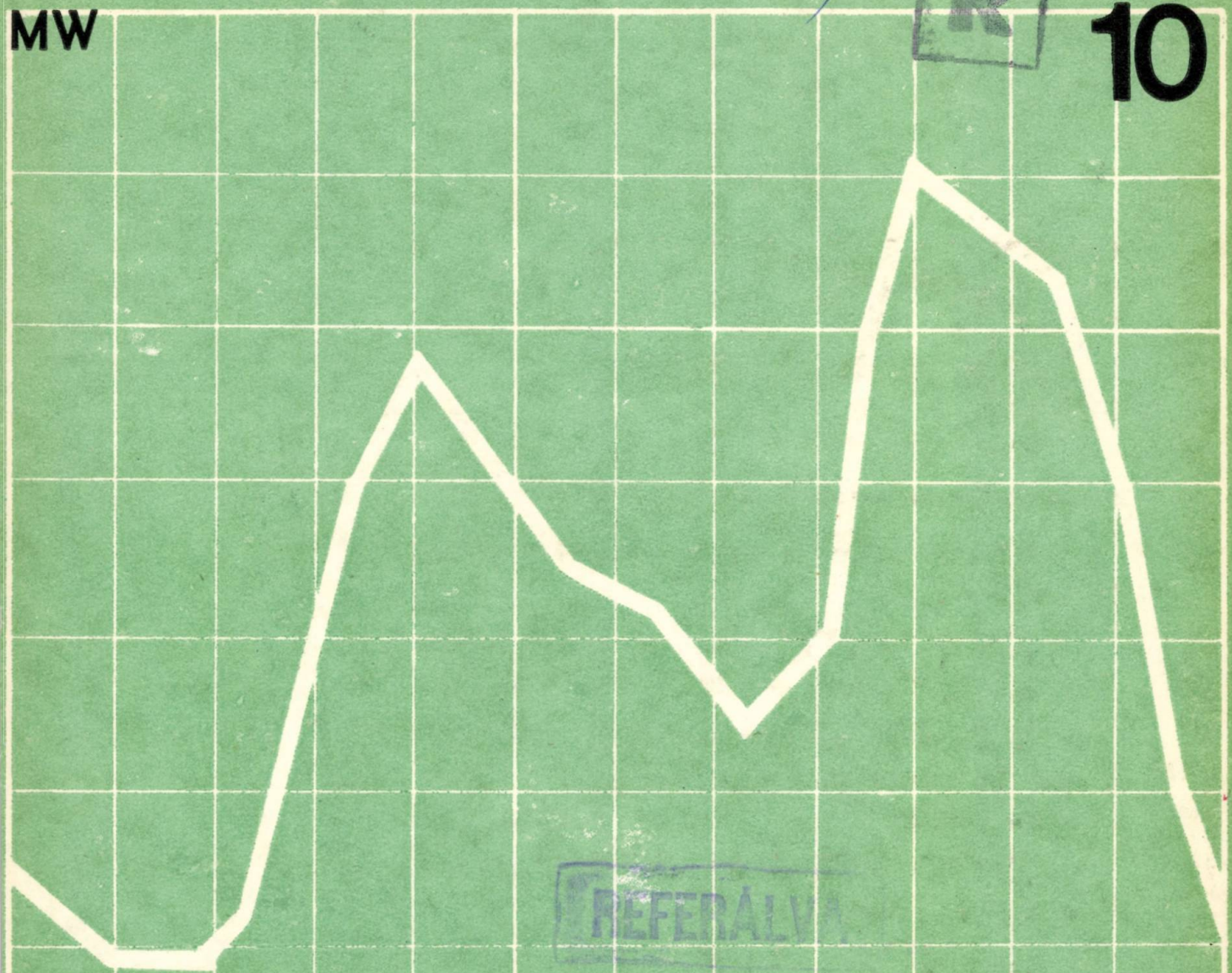
24 BARAJE — printre care :
. PORTILE DE FIER I, P_i = 1050 MW (partea Română)

23 DE DERIVATIE — printre care :
. BICAZ, P_i = 210 MW

7 LA PICIORUL BARAJULUI — printre care :
. TARNITA, P_i = 45 MW

1984 MAR 1

2039
Victor (Energia)



R

10

VOLUMUL XXXI
BUCUREŞTI
OCTOMBRIE 1983

energetica

REFERAL VE

INTREPRINDEREA DE COMERŢ EXTERIOR

ENERGOIMPEX

Întreprinderea de comerţ exterior „ENERGOIMPEX" a fost creată în anul 1977.

„ENERGOIMPEX" este singura întreprindere de comerţ exterior din R.P. Bulgaria, care importă cărbune energetic şi alţi agenţi energetici.

În domeniul energiei electrice „ENERGOIMPEX" colaborează multilateral în cadrul sistemului energetic unificat "MIR„ al ţărilor socialiste membre CAER.

„ENERGOIMPEX" întreţine legături comerciale strînse cu Turcia Grecia şi R.F. Iugoslavia.

„ENERGOIMPEX" realizează construcţia liniilor electrice de transport, a staţiilor de joasă, medie şi înaltă tensiune şi efectuează servicii consulting în Libia, Angola, Siria etc.

În calitate de comisionar, întreprinderea de comerţ exterior „ENERGOIMPEX" importă instalaţii şi echipamente pentru industria energetică bulgară.

ENERGOIMPEX

Sofia, C.P. 801, Telefon 51.88.67, telex 22669

ENERGETICA

ORGAN AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ŞI AL CONSILIULUI NAŢIONAL AL INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN REPUBLICA SOCIALISTĂ ROMÂNIA

SUB ÎNDRUMAREA CONSILIULUI ŞTIINŢIFIC AL INSTITUTULUI CENTRAL DE CERCETĂRI ENERGETICE

COLEGIUL DE REDACŢIE

Dr. ing. **Gh. Bălan** (redactor responsabil adjunct)
Ing. **P. Cartianu**
Ing. **L. Cernuşen**
Ing. **M. M.Dăncilă**
Ing. **H. Furtunescu**
Ing. **N. Georgian**
Dr. ing. **Gh. Luca**
Dr. chim. **Maria Maftei**
Dr. ing. **G. Manolescu**
Ing. **B. Marcu**
Ing. **I. Măiereanu** (redactor responsabil adjunct)
Dr. ing. **Călin Mihăileanu** (redactor responsabil)
Prof. dr. doc. **V. I. Nitu**
Dr. ing. **E. Pavel**
Dr. ing. **T. Popa**
Dr. ing. **C. I. Staicu** (secretar redacţie)

Revista „Energetica" este publicaţie lunară devotată preocupărilor spirituale şi realizărilor materiale în domeniul energeticii.

Redacţia şi administraţia: Bucureşti 74 568, Bd. Energeticienilor, nr. 8, sector 3.
Telefon: 20 67 30 21 46 30

Cd. 1533

I. P. Informaţia str. Brezoianu, nr. 23—25, Bucureşti, sector 1.

ANUL 31 **10** OCTOMBRIE 1983

Cuprinsul

ARTICOLE

N. Bordeian, Christiana Bărbulescu, Valentina Moşteanu: **Influenţa variaţiei condiţiilor meteorologice asupra consumului de energie electrică în România** 427—431

T. Bodu, R. Popescu, A. Roşu: **Recuperarea zgurii cazanelor de abur în vederea rearderii** 432—435

A. Drăguţa: **Noi orientări în concepţia gospodăriilor de cărbune aferente termocentralelor din R.S.R.** 435—438

L. Lup: **Participarea centralelor electrice din zonele excedentare la acoperirea sarcinilor din zonele deficitare, ţinînd seama de capacitatea de transport a liniilor electrice** 438—443

H. Cristea ş.a.: **Modelarea sistemului de reglare automată a excitaţiei (SRAE), aferent grupurilor din centrala Porţile de Fier 1. Partea I. Structura SRAE** 444—448

Tr.-G. Ionescu, Georgeta Colmeana: **Metodologie privind calculul indicatorilor de fiabilitate la produsele metrologice, pe baza datelor din exploatare** (cu prezentare în limba engleză) 449—455

CRONICĂ 456—460

CERCETARE BIBLIOGRAFICĂ 461—468

Revista „Energetica" este editată cu concursul permanent dat de:

chim. **Eleonora Ataman**
dr. ing. **J. Constantinescu**
ec. **Ana Dobre**
ing. **T. Dragomir**
ing. **Angela Perea**
dr. ing. **M. Pomârleanu**
dr. ing. **Gh. Popa**
ing. **A. Roşu**
ing. **V. Rugină**
ing. **I. Tureu**

În revista ENERGETICA se publică:

Articole

Informaţii referitoare la: publicaţii recente (cărţi, reviste), noutăţi ştiinţifice şi tehnice, invenţii şi inovaţii, experienţă de exploatare, realizări tehnice remarcabile, manifestări tehnico-ştiinţifice naţionale şi internaţionale (congrese, conferinţe, simpozioane), titluri de articole de specialitate din alte reviste.

Materiale diverse: cronici, recenzii, discuţii la articolele publicate, puncte de vedere ale autorilor, concluziile discuţiilor în jurul meselor rotunde.

Revista ENERGETICA este editată şi administrată de Institutul de cercetări şi modernizări energetice — ICEMENERG.

M. David — şeful Oficiului de informare documentară pentru energetică

Ana Maria Chivu — redactor

Instituţiile pot achita abonamentele în contul de virament nr. 30.11.8.01.01. — BN R.S.R. Fil. sect. 3. Costul unui abonament: 144 lei anual; costul unui exemplar 12 lei.

Cititorii din străinătate se pot abona la ILEXIM, Departamentul Export-Import Presă, P.O. Box 136—137, telex: 11226, Bucureşti, str. 30 Decembrie, nr. 3.

Tiparul: Întreprinderea poligrafică „Informaţia", Bucureşti, str. Brezoianu 23—25, c. 1533

ANNOUNCEMENTS FOR READERS ABROAD

- **The review „Energetica" can send on request from publications abroad reports translated in one of the worldwide spoken languages**
- **The review „Energetica" proposes a publication exchange with similar reviews and in relating fields**
- **The review „Energetica" provides and publishes or introduces books on energy received at the editorial office. Reviews and presentations of books sent on this purpose to the editorial office can be published as well**
- **The review „Energetica" publishes on request from authors abroad reports on energy or other materials: technical and scientific news, inventions-innovations, information about technichal and scientific symposia, etc. written in one of the worldwide spoken languages**

СОДЕРЖАНИЕ

Н. Бордеян, Кристиана Бэрбулеску, Валентина Моштяну: **Влияние изменения метеорологических условий на расход электроэнергии в Румынии** 427—431

Т. Боду, Р Попеску, А Рошу: **Рекуперация шлака паровых котлов с целью его повторного сжигания** 432—435

А. Дрэгуца: **Новые направления в разработке угольных хозяйств при теплоэлектростанциях в СРР** 435—438

Л. Луп: **Участие электростанций избыточных зон в покрытии нагрузок дефицитных зон, учитывая транспортную способность ЛЭП** 438—443

Х. Кристя и др.: **Моделирование систем автоматического регулирования возбуждения (САРВ), в рамках блоков станции „ЖЕЛЕЗНЫЕ ВОРОТА I". Часть I: Структура САРВ** 444—448

Тр. Г. Ионеску, Дж. Котмяна: **Методология расчёта параметров надёжности метеорологических изделий на основе эксплуатационных данных** (с изложением на английском языке) 449—455

ХРОНИКА 456—460

БИБЛИОГРАФИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ 461—468

INHALTSVERZEICHNIS

N. Bordeian, Christiana Bărbulescu, Valentina Moşteanu: **Der Einfluss der Wetterschwankungen auf den Elektroenergieverbrauch in Rumänien** 427—431

T. Bodu, R. Popescu, L. Roşu: **Die Rückgewinnung der Schlacke von den Dampfkesseln zwecks Wiederverbrennung** 432—435

A. Drăguţa: **Neue Tendenzen in der Neufassung der Kohlenwirtschaften der Wärmekraftwerke aus Rumänien** 435—438

L. Lup: **Der Beitrag der Elektrizität aus den Zonen mit Überfluss an Elektroenergie zur Deckung der Last aus den defizitären Zonen mit Berücksichtigung der Übertragungskapazität der Leitungen** 438—443

H. Cristea, u.a.: **Die Modellierung der automatischen Regelungssysteme der Erregung (SRAE) für Blöcke des Kraftwerkes Eisernes Tor I. Erster Teil: Die Struktur der SRAE** 444—448

Tr.-G. Ionescu, Georgeta Cotmeana: **Methodologie für die Berechnung der Zuverlässigkeitskennwerte der methodologischen Erzeugnissen, aufgrund der Betriebswerte** (mit einer Kurzfassung in Englisch) 449—455

CHRONIK 456—460

BIBLIOGRAPHISCHE STUDIE 461—468

SOMMAIRE

N. Bordeian, Christiana Bărbulescu, Valentina Moşteanu: **L'influence de la variation des conditions météorologique sur la consommation de l'énergie électrique en Roumanie** 427—431

T. Bodu, R. Popescu, L. Roşu: **La récuperation du laitier des chaudières à vapeur en vue de la récombustion** 432—435

A. Drăguţa: **Nouvelles orientations dans la conception des dépôts à afférentes aux centrales thermique en R.S.R.** 435—438

L. Lup: **La participation des centrales électriques situées en zones excédentaires à la couverture des charges en zones déficitaires en tenant compte de la capacité de transport des lignes électriques** 438—443

H. Cristea ş.a.: **La stimulation des systèmes de reglage automatique de l'excitation SRAE afférents aux groupes appartenant aux centrales Porţile de Fier I. Part I. La structure SRAE.** 444—448

Tr.-G. Ionescu, Georgeta Cotmeana: **Methodologie sur le calcul des indicateurs de fiabilité des produits metrologiques en vertu des données d'exploitation** (présentation en anglais) 449—455

CRONIQUE 456—460

RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE 461—468

CONTENTS

DC 66.012.3; 551.5

N. Bordeian, Christiana Bărbulescu, Valentina Moşteanu: **The Influence of Meteorological Variations on the Electricity Consumption in Romania**

For the short-term predictions required in the operation, on a day-by-day basis, it is useful to take into account the effects of some factors, aleatory in character, which may result in significant differences from the average values. One of the major factors which affects the variation of the power consumption is the change of the weather conditions.

The paper presents the results of some researches based on the mathematic statistic method to determine the existence and the ruling character of the effects of weather variation on the overall power and electric power consumption assured from the Romanian National Power System.

The effects of the weather factors, especially the temperature and turbidity, on the electric power consumption were pointed out; mathematic relations were determined to establish the effects of the weather factors on the power and electric power consumption. The results may be used for the short-term predictions to justify the variation of power and electric power consumption resulted from the weather factors.

Energetica 31 (1983), nr. 10, p. 427—431

DC 621.311.18; 662.9

T. Bodu, R. Popescu, L. Roşu: **Slag Recovery from Steam Boilers for Re—burning**

The efficiency of lignite burning steam boilers is diminished, among others, also by the high value of unburnt matters from the slag. The slag recovery at the basis of the cold slag funnel and its reintroduction into the lignite processing and burning installation is an efficient improving procedure. A technical-economic calculation showed that this solution is less economic than the after-burning grate used for the same purpose, but it can be considered that installing an

after-burning grate can meet unsurmountable difficulties (lack of space, important changes necessary for the cold funnel etc.). The paper presents the test results on 1035t/h boilers from the thermal power plants Rovinari and Turceni.

Energetica 31 (1983), nr. 10, p. 432—435

DC 621.311.22/23 ; 662.64/66

A. Drăguța : **Development Tendencies in the Coal Management of Romanian Thermal Power Plants**

The paper presents some difficulties engendered by the low grade solid fuel type which affected the dimensioning and building of solid fuel management sites at Romanian power plants. Regarding the type of low grade solid fuel, following items are commented : the criteria and general principles for the design and building of such management plants ; the dimensioning of installations and coal storages of the solid fuel management plants ; the technology of coal mixing in solid fuel management plants in order to reduce the quality band wideness of solid fuels.

Energetica 31 (1983), nr. 10, p. 435—438

DC 621.311 ; 621.315.05.025

L. Lup : **The Contribution of Electric Power Plants from Exceeding Power Areas to Cover a Load Shortage in Other Areas in Considering the Transmission Capacity of Electric Lines**

The location of electric power plants in various areas is based on technical economic calculations and is related mainly to power sources, possibilities and expenses involved in power resources transportation, consumers location, co-generation, water supply, etc.

This paper envisages the possibility of cutting down the nominal capacity in certain areas as a result of an excess power generation in other areas and of an increased transmission capacity of electric lines connecting the systems from different areas.

The difference is emphasized, between establishing the necessar nominal capacity level for the interconnected operation of systems in various areas of the same country and for the interconnected operation of national systems of various countries.

Energetica 31 (1983), nr. 10, p. 438—443

DC 621.311 ; 621.313.12 ; 621.3.07

H. Cristea, a.o. : **The Modelling of the Automatic Excitation Control System (SRAE) Applied at the Iron Gates I Power Plant Units. Part 1 : The Structure of SRAE**

On the basis of the existing documentation, the paper identifies the SRAE model structure, which constitutes the first level of knowledge in the identification process. Further on, the component operational units with their regime parameters are described. The steady state behaviour of the SRAE is analysed using measurement results.

Using the response method for deterministic test signals the transfer function of the operational units have been derived.

On the basis of the experimental identification's results the SRAE model structure and parameters used in the national power system regimes calculations are finally preented.

s

Energetica 31 (1983), nr. 10, p. 444—448

DC 621.311 ; 621.3.019.3

Tr.-G. Ionescu, Georgeta Colmeana : **Methodology for the Reliability Indeces Calculation for Metrological Products on the Basis of Operation Data**

The paper presents a method for the reliability indeces calculation for measuring devices pending a model approval during the approval phases of the prototype or zero series.

In the method presented the reliability indeces are determined by the operation surveyance of metrological products as punctual values. With this aim, two categories of faults have been considered, i.e. a total fault which produces the disappearing of the product function and the parametric faults by parameter derivation.

From the two faults categories, two reliability indeces are obtained from whose products results the intrinsic reliability of the device, which characterizes its operation behaviour.

Energetica 31 (1983), nr. 10, p. 449—455

CHRONICS p. 456—460

BIBLIOGRAPHICAL STUDY p. 461—468

Influența variației condițiilor meteorologice asupra consumului de energie electrică în România

Dr. ing. N. Bordeian, ing. Christiana Bărbulescu, ing. Valentina Moșteanu*)

Introducere

Pentru producătorii și furnizorii de energie electrică, precum și pentru proiectanții instalațiilor de producere și transport al energiei electrice, una din problemele dificile, sub aspect economic și al siguranței, este acoperirea unei sarcini dinamice, caracterizată atît prin creștere permanentă în timp, cît și prin variații instantanee, orare, zilnice și sezoniere.

Într-un sistem electroenergetic sau într-o zonă în care sînt amplasați diferiți consumatori de energie electrică, variațiile sarcinii totale depind de natura, varietatea și ponderea categoriilor de consumatori, de organizarea societății, de variația activităților legate de ciclul zi-noapte, de ciclul sezonier, de factorii climaterici, de fus orar și de diverși alți factori.

Caracterizarea variațiilor de sarcină în fiecare țară și sistem electroenergetic se determină prin studii statistice referitoare atît la structura globală, cît și la componentele consumului de energie electrică.

Pe baza acestor studii se obțin caracteristicile și tendințele medii ale variației și creșterii consumului, în funcție de factorii ce intervin, elemente ce sînt necesare la prognozarea dezvoltării consumului.

Aceste date se utilizează în special la prognozele de energie electrică pe termen lung.

Pentru prognozele pe termen scurt, de la zi la zi, necesare în exploatare, este însă necesar să se țină seama și de influența unor factori cu caracter aleatoriu, care conduc la diferențe însemnate față de valorile medii. Problema este foarte importantă, în special în situația actuală, cînd balanța energetică este încordată din cauza evenimentelor intervenite începînd din anul 1973 pe piața mondială a petrolului.

Potrivit cercetărilor efectuate în alte țări, precum și observațiilor făcute în țara noastră, în cadrul organizațiilor în al căror domeniu de preocupări intră și acoperirea zilnică a consumului de energie electrică, unul din factorii majori ce influențează variația consumului este fluctuația vremii.

În țări ca Franța sau S.U.A. în care au mare grad de utilizare instalațiile de menținere a temperaturii constante în locuințe, întreprinderi și instituții, s-a dedus pe bază de cercetări o foarte mare influență a condițiilor meteorologice asupra consumului de energie electrică. Se cunosc și rezultatele cercetărilor din unele țări socialiste în care este net predominant consumul de energie electrică în scopuri industriale, care de asemenea au demonstrat o influență destul de pronunțată a variației condițiilor meteorologice asupra consumului de energie electrică.

În cele ce urmează, se prezintă rezultatele unor cercetări efectuate în acest domeniu pentru a determina existența și legitatea influenței variației condițiilor meteorologice asupra variației consumului de energie electrică în țara noastră. Problema s-a analizat la nivelul consumului total de putere și energie electrică alimentat din sistemul electroenergetic național al R.S. România.

1. Metodologia adoptată

Pentru determinarea dependenței dintre variațiile condițiilor meteorologice și variațiile consumului de energie electrică, este necesară studierea statistică aprofundată, utilizînd metodele statisticii matematice.

Metodele statistico-matematice de analiză a dependenței dintre fenomene sînt multiple. Unele sînt elementare, necesitînd un aparat matematic relativ simplu (metoda seriilor paralele interdependente, metoda grupărilor și a mediilor pe grupe, metoda tabelului de corelație, metoda grafică etc.), iar altele care necesită metode matematice mai complexe, utilizate pentru analiza aprofundată a legăturii statistice între fenomene.

Dintre acestea, în cadrul analizelor efectuate, pentru a demonstra existența și gradul de influență a condițiilor meteorologice asupra consumului de putere și energie electrică la nivelul sistemului electroenergetic, au fost utilizate două căi și anume: metoda corelației liniare simple (analiza corelației între două variabile) și în special metoda corelației liniare multiple (analiza corelației între mai multe variabile).

Ecuația regresiei liniare multiple utilizate este de forma:

$$y = a + b_1x_1 + b_2x_2 + \ldots + b_nx_n,$$

*) Autorii sînt proiectanți principali la ISPE

unde:

y este variabila dependentă;
$x_1, x_2 \ldots x_n$ — variabile independente;
a — termenul liber al ecuației de regresie;
$b_1, b_2 - b_n$ — coeficienții de regresie.

Parametrii a, b_1, $b_2 \ldots b_n$ se determină prin metoda celor mai mici pătrate, punînd condiția de minimum prin anularea derivatelor parțiale ale expresiei în raport cu acești parametri.

Intensitatea corelației multiple dintre variabila dependentă y și variabilele independente $x_1, x_2 \ldots x_n$ se exprimă prin coeficientul corelației multiple (ρ) conform relației:

$$\rho_{Y, x_1, x_2, \ldots x_n} = \sqrt{1 - \frac{\Sigma(y - \bar{y}_{x_1,\ x_2\ \ldots\ x_n})^2}{\Sigma(y - \bar{y})^2}},$$

unde:

$(y-\bar{y})_{x_1,x_2,\ldots x_n}$ reprezintă dispersia valorilor determinate pe baza ecuației de regresie multiplă;
$(y - \bar{y})$ — dispersia valorilor observate ale variabilei dependente;
$\bar{y}$ — valoarea ajustată a variabilei dependente, calculată conform ecuației de regresie.

Corelația este cu atît mai intensă, cu cît coeficientul corelației multiple este mai aproape de 1.

În calculul corelației statistice, indicatorii care se obțin sînt estimații ale valorii lor exacte. Este necesar să se cunoască precizia cu care indicatorii corelației au fost estimați prin determinarea limitelor de încredere corespunzătoare unui anumit nivel de semnificație.

Semnificația coeficientului de regresie se verifică cu ajutorul criteriului T definit prin relația:

$$T = \frac{b}{S_b},$$

unde:

b este coeficient de regresie;
S_b — eroarea de selecție a coeficientului de regresie.

Se consideră că valoarea coeficientului de regresie b este semnificativă cînd se satisface condiția:

T calculat $>$ T tabelat.

Valoarea tabelată a testului T corespunde probabilității P și numărului de probe analizat.

Determinarea semnificației coeficientului de corelație multiplă se face prin aplicarea testului F cu ajutorul căruia se determină limitele de încredere corespunzătoare unui anumit nivel de semnificație.

În funcție de numărul de probe de analizat și de numărul de variabile considerat la o probabilitate aleasă rezultă un F tabelat.

Coeficientul F se calculează conform relației:

$$F = \frac{n-k}{k-1} \cdot \frac{\rho^2}{1-\rho^2},$$

unde:

n este numărul de probe analizat;
k — numărul de variabile;
ρ — coeficientul de corelație multiplă.

Coeficientul de corelație multiplă este semnificativ în cazul în care se respectă relația:

F calculat $\geqslant$ F tabelat.

Ca măsură a influenței simultane a tututor factorilor examinați se folosește coeficientul determinației multiple, definit prin pătratul coeficientului de corelația multiplă:

$$C = \rho^2.$$

Coeficientul determinației multiple exprimă ponderea influenței simultane a variației factorilor considerați.

Aceste numeroase operații au putut fi aplicate la marele volum de date prelucrate, avînd la dispoziție un program de calcul și calculatorul electronic FELIX 512.

Acest program permite efectuarea următoarelor etape de calcul:

1 — selectarea funcției sau relației de corelație simplă sau multiplă de tip liniar sau neliniar;

2 — estimarea coeficientului de corelație care măsoară intensitatea legăturii între variabile;

3 — estimarea coeficienților de regresie;

4 — testarea intervalelor de încredere pentru funcțiile găsite.

Programul rezolvă sistemul normal de ecuații prin metoda Gauss-Jordan și calculează:

— mediile;
— abaterile standard;
— coeficienții de corelație între variabila dependentă și fiecare dintre variabilele independente;
— coeficienții de regresie ai fiecărei variabile independente;
— termenul liber din ecuația de regresie;
— erorile standard ale coeficienților de regresie;
— coeficientul de corelație multiplă;
— valorile testului T;
— valoarea testului F;
— tabelul de reziduuri care redă în paralel valoarea fiecărei variabile dependente și valoarea calculată prin aplicarea regresiei rezultate.

2. Datele utilizate, organizarea și prelucrarea acestora

Perioada de analiză statistică s-a limitat la ultimii 6 ani, între 1975 și 1980, atît pentru datele referitoare la consumul de putere și

energie electrică, cît și pentru datele referitoare la condițiile meteorologice. S-a considerat că luarea în analiză a datelor dintr-o perioadă mai îndepărtată ar putea introduce influențe contradictorii, datorită modificărilor în structura consumatorilor și orientărilor economice intervenite în timp.

2.1. *Date privind consumul de energie electrică*

Datele utilizate privind evoluția consumului electric total pe sistem, orar și zilnic, au fost deduse utilizînd rapoartele zilnice de producție ale centralelor, referitoare la consumurile interne brute (incluzînd consumul tehnologic al centralelor și pierderile în rețelele electrice) cu corecții de frecvență (pentru a elimina variația consumului datorită variației frecvenței în jurul valorii de 50 Hz). Acestor date extrase din evidențele zilnice li s-au aplicat prelucrări pentru eliminarea tendinței permanente de creștere a consumului de la an la an. Aceasta s-a efectuat prin raportarea valorilor orare din fiecare zi a lunii la consumul corespunzător unei zile etalon din fiecare lună a anului și obținerea unei valori procentuale față de ziua etalon, considerată cu consum de 100% și aleasă pentru fiecare lună a fiecărui an după următoarele criterii:

a — să corespundă unor condiții meteorologice aproximativ identice în toți anii;

b — să corespundă unor valori „normale" ale parametrilor meteorologici, adică să reclame o variație minimă a consumului de putere și energie electrică datorată condițiilor meteorologice, în toate zonele studiate (pentru a nu introduce sau atenua variații de consum datorate condițiilor meteorologice);

c — să nu fie o zi singulară, atît din punctul de vedere al condițiilor meteorologice, cît și al evenimentelor din sistem.

Omogenizarea datelor de consum de putere electrică în sistem utilizate s-a efectuat prin eliminarea datelor din zilele de repaus, din zilele de înainte și după zilele de sărbătoare. Zilele de repaus și cele de înainte și după repaus, au fost analizate separat, efectuîndu-se calcule de corelații de puteri și energii electrice cu parametrii meteorologici studiați.

Ținînd seama că mărimea și structura consumului de putere și energie electrică este influențată de anotimp, precum și de ora de răsărit și de apus a soarelui, examinarea s-a făcut pe 8 luni din an, considerate mai semnificative.

Pentru a nu se include în date și eventualele variații datorate unor perturbații în funcționarea termoficării, s-a examinat regimul de funcționare al termoficării în orașul București în perioada studiată. S-a constatat că în cadrul cîte unei luni din perioada studiată au existat variații importante în regimul de funcționare al termoficării în orașul București.

Ținînd cont de faptul că, în special pentru lunile de vară, s-a presupus că influența condițiilor meteorologice asupra consumului este în legătură și cu regimul de irigații, s-au cules date de la MAIA privitoare la modul de funcționare a irigațiilor în perioada studiată. În urma analizei datelor disponibile, ținînd cont de caracteristicile regimurilor de funcționare ale irigațiilor, este de așteptat ca studiul influenței condițiilor meteorologice asupra consumului de putere și energie electrică, legat de regimul de funcționare al irigațiilor, să nu dea rezultate semnificative.

2.2. *Date privind condițiile meteorologice*

Datele privind condițiile meteorologice au fost obținute de la Institutul de Meteorologie și Hidrologie (IMH). Din volumul foarte mare de date statistice de care dispune I.M.H., au trebuit selectate acelea care exercită o anumită influență asupra consumului de putere și energie electrică, și care pot fi prelucrate în vederea scopului urmărit. Dintre toți acești factori, au fost analizați, în vederea evidențierii influenței lor asupra consumului de putere și energie electrică, următorii, considerați individual sau în diverse combinații: temperatura, viteza vîntului, precipitațiile, nebulozitatea.

S-a considerat că valorile minime sau maxime zilnice ale acestor parametri meteorologici nu sînt semnificative pentru scopul urmărit, mai adecvate fiind valorile medii zilnice (care urmăresc fluctuațiile acestor parametrii în tot cursul zilei, nu numai pe cele momentane). De asemenea, valorile medii pe țară pot să nu fie ilustrative, deoarece condițiile meteorologice la un moment dat diferă destul de sensibil pentru diferitele zone ale țării. Ținînd cont de aceasta și de faptul că rezultatele obținute trebuie să fie aplicabile întregului sistem electroenergetic, a rezultat că este indicat să se lucreze cu valori ale parametrilor meteorologici pe zone. În consecință, s-a făcut împărțirea teritoriului țării pe baza zonalității condițiilor fizico-geografice și meteorologice unitare.

Stațiile meteorologice de observație s-au ales astfel, încît măsurătorile să indice valori ale parametrilor meteorologici reprezentative pentru zona respectivă, fără a fi de excepție, și în același timp să se afle și în centre importante din punctul de vedere al consumului de energie electrică. Astfel, pe teritoriul R.S. România s-au stabilit șapte zone, datele privitoare la cei patru factori meteorologici provenind din măsurătorile făcute în cadrul a 38 stații meteorologice.

3. Rezultatele obținute privind influența condițiilor meteorologice

Calculele și analizele au fost efectuate pentru 8 luni din an considerate mai semnificative: pentru sezonul de iarnă: decembrie, ianuarie și februarie, pentru sezonul de primăvară: martie și aprilie, pentru sezonul de vară — august, iar pentru sezonul de toamnă — octombrie și noiembrie.

Din examinările efectuate au rezultat următoarele:

— se constată existența unor corelații între variația sarcinii sistemului și variația condițiilor meteorologice;

— caracterul corelației este mai intens în lunile de primăvară (martie și aprilie) și de toamnă (în special octombrie și noiembrie). În lunile de iarnă (decembrie și februarie) se evidențiază existența unei tendințe de variație a sarcinii sistemului la variația condițiilor meteorologice, dar cu caracter mai slab decît cel din anotimpurile de tranziție;

— în lunile ianuarie și august nu au rezultat corelații între variația sarcinii totale a sistemului și variațiile factorilor meteorologici;

— principalul factor meteorologic care influențează variația sarcinii totale a sistemului electroenergetic este temperatura aerului;

— dintre ceilalți factori meteorologici a rezultat că nebulozitatea poate determina unele creșteri ale puterii electrice consumate în sistem, însă viteza vîntului și precipitațiile considerate ca factori independenți nu influențează decît în foarte mică măsură mărimea consumului de putere și energie electrică în sistem;

— considerarea simultană a influenței factorilor meteorologici (temperatură, viteza vîntului, nebulozitate și precipitații) îmbunătățește caracterul corelației,

Din calculele de corelații efectuate, în toate cazurile în care a rezultat existența unor legături statistice între consumul de putere electrică pe sistem și factorii meteorologici, se constată că abaterea puterilor, care descrie împrăștierea fenomenului, este mai mare decît eroarea standard a ecuației. Rezultă că ecuațiile de regresie obținute se pot folosi, ele modelînd bine fenomenul.

În ceea ce privește verificarea semnificației coeficienților de regresie, s-a efectuat pe baza testului T, rezultînd un nivel de semnificație mai frecvent în jurul valorii de 1% în lunile martie, aprilie și octombrie. Pentru celelalte luni, nivelul de semnificație al coeficienților de regresie este diminuat, astfel că în limitele datelor ce au putut fi utilizate, precizia dată de regresie este mai mică. Aceasta denotă existența și a altor cauze în afara celor meteorologice. Rezultatele obținute permit trecerea la o fază experimentală de utilizare a metodologiei deduse, atît pentru prognozarea pe termen scurt (prognoză zilnică), cît și pentru a justifica variațiile de consum de putere și energie electrică datorate factorilor meteorologici. Precizia prognozei variației consumului de putere și energie electrică cu variația factorilor meteorologici depinde în cea mai mare măsură de precizia prognozei meteorologice.

Au fost deduse formule de calcul cu ajutorul cărora se poate determina operativ influența factorilor meteorologici asupra consumului de putere sau energie electrică. Astfel, dacă se consideră un singur factor meteorologic, formula pentru includerea influenței acestui factor în prognoza consumului pentru o anumită oră dintr-o zi de lucru, sărbătoare, înainte sau după sărbătoare, a lunii pentru care se face prognoza este de forma:

$$P_{pgi} = P_{ai} + \Delta P_{emi},$$

$$\Delta P_{emi} = P_{ai} K_{mi} \Delta_m \cdot \frac{1}{100},$$

unde:

$\Delta m = m_{pg} - m_a$;

P_{pgi} — prognoza consumului total de putere în sistemul energetic național (SEN) pentru ora i cu considerararea variației factorului meteorologic m (în MW);

P_{ai} — consumul total de putere în SEN pentru ora i realizat în ziua precedentă (ziua de bază) de același tip (zi lucrătoare, zi înainte sau după repaus) (în MW);

P_{emi} — variația sarcinii sistemului datorită condițiilor meteorologice prognozate;

K_{mi} — gradientul puterii pentru ora i corespunzătoare influenței factorului meteorologic considerat, a cărui valoare s-a calculat și tabelat pentru lunile anului studiate;

Δm — diferența cu semnul algebric ce rezultă între factorul meteorologic din ziua pentru care se face prognoza și ziua anterioară, luată ca bază (în grade C pentru temperatură, în m/s pentru variația vitezei vîntului, în grade pentru nebulozitate și în l/m² pentru precipitații);

m_{pg} — valoarea prognozată a factorului meteorologic;

m_a — valoarea factorului meteorologic din ziua precedentă, luată ca bază.

O formulă similară s-a dedus pentru cazul în care se consideră concomitent influența a 2—4 factori meteorologici, atît pentru prognoza consumului de putere, cît și a consumului de energie electrică.

S-a dedus o listă de gradienți de putere și de energie electrică privind influența factorilor meteorologici luați independent sau simultan, pentru fiecare lună și oră. Mărimea gradienților variază în cursul unui an de la lună la lună și oră. Astfel gradienții privind influența tem-

peraturii asupra puterii variază la creșterea cu 1°C între 0,2% și 0,95%, la un consum de 10 000 MW (respectiv cu circa 20—95 MW). De reținut că de la o zi la alta pot avea loc în mod curent variații ale temperaturii medii de 5—10°C. Gradienții privind influența temperaturii medii asupra energiei electrice zilnice variază la creșterea cu 1°C, între 0,3 și 0,73%, la un consum zilnic de 200 000 MWh (respectiv cu circa 600—1450 MWh).

S-au făcut calcule de aplicare a formulelor și gradienților propuși pe bază de date meteorologice măsurate, constatîndu-se că în general abaterea consumului prognozat față de cel realizat variază între 0,01% și 1%. S-au observat și unele abateri de 2,5%, dar se apreciază că acestea se datoresc altor cauze. În cazul aplicării formulelor și gradienților la prognozarea consumului de putere și energie electrică, corectitudinea rezultatelor depinde în foarte mare măsură de gradul de probabilitate și detaliere a prognozei meteorologice. Din acest motiv, rezultate mulțumitoare se pot obține la prognoze de consum pe termen foarte scurt de pînă la 24 ore, pentru care prognozele meteorologice se fac mai exact.

În ultimii doi ani și în special în ultimul an au avut loc însă schimbări importante în structura și economia consumului de energie la fiecare consumator în parte și pe ansamblul consumului din SEN ca urmare a noilor orientări cu caracter energetic la nivel național. Aceste modificări sînt în curs. Colectivul care a efectuat studiul prezentat în cele de mai sus, are în vedere reluarea și aducerea la zi a mărimii gradienților.

Se consideră că principalul rezultat al analizelor efectuate pînă în prezent este evidențierea existenței și în țara noastră a influenței factorilor meteorologici, în special a temperaturii și nebulozității, asupra consumului de energie electrică.

Bibliografie

[1] B. Konstantinov, G. Serbinovski: *Prognozi potrebleniia elektroenerghii za rubejom*, Elektricestvo, nr. 12, 1967, p. 74—77.

[2] M. Jurcic: *Principe de la méthode d'apparition aleatoire des charges*, Revue Generale d'Electricité, nr. 4, 1966, p. 525—526.

[3] J. Roger: *Description de la méthode d'apparition aleatoire des charges*, Revue Generale d'Electricité, nr. 4, 1966, p. 527—535.

[4] A. Langner: *Vorhersage der Belastung des elektrischen Netzes bei Berücksichtigung meteorologischer Grossen*, Mit. Inst. Energet.. nr. 77, 1966, p. 417—435.

[5] G. T. Heinemann: *The relationship between summer weather and summer load — a regression analysis*, IEEE Transactions on P.A.S. nr. 11, 1966, p. 1144—1154.

[6] D. P. Lijesen, J. Rosing; *Adaptive forecasting of hourly loads based on load based on load measurements and weather informations*, IEEE Transactions on P .A.S., nr. 4, 1971, p. 1757—1767.

[7] C. E. Asbury: *Summer weather load model for forecasting heat — sensitive portion of load*, IEEE Transactions on P..A.S., nr. 4, 1975, p. 1111—1116.

[8] R. Thompson: *Weather sensitive demand and energy analysis for large geographically diverse system; application to short-term forecasting*, IEEE Transactions on P.A.S., nr. 1, 1976, p. 385—393.

[9] B. Rusjan: *Letni potek parobe električne energije in ujigova advisnost ad klimatskih pogojev*, Elektrotehniski Vestnik, nr. 5, 1978.

[10] B. Jakob: *Régles générales d'exploitation du system de production et de transport*, Revue Generale d'Electricité, nr. 4, 1980.

[11] F. Meslier: *Estimation de la sensibilité de la demande d'énergie electrique aux variations des conditions météorologiques. Historique des méthodes de development de nouvelles approches a Electricité de France*, E.d.F. — Bulletin de la Direction des Etudes et Recherches, serie B., nr. 3, 1981, p. 5—14.

[12] C. Ionescu și colectiv: *Metode statistice de cercetare a corelațiilor în economie*, Editura Academiei R.S.R., București, 1967.

[13] M. Iosifescu, Gh. Mihoc, R. Theodorescu: *Teoria probabilităților și statistica matematică*, Editura Tehnică, București, 1966.

[14] B. L Van der Waerden: *Mathematische Statistic*, Berlin, 1957.

[15] G. W. Snedecor: *Statistical methods applied to experiments in agriculture and byology*", The Iowa State University Press, Ames Iowa, 1965.

(Primit la 25 ianuarie 1983, acceptat la 29 iunie 1983)

Recuperarea zgurii cazanelor de abur în vederea rearderii

Ing. T. Bodu, ing. R. Popescu, ing. A. Roșu*)

Căldura reziduală care se pierde în procesul de producere a energiei electrice în termocentrale (de ex. : cu zgura eliminată la pîlnia rece a cazanelor, conținînd un procent ridicat de substanțe combustibile nearse; cu gazele de ardere evacuate cu un nivel termic ridicat; cu apa de răcire a condensatoarelor turbinelor etc.) reprezintă o sursă de energie căreia, în contextul actualei politici energetice, i se acordă o atenție din ce în ce mai mare. Arderea incompletă a combustibilului solid în focarele cazanelor de abur determină „producerea" unei zguri cu putere calorifică inferioară, de valoare comparabilă cu cea a combustibilului din care a provenit (4,5—9 MJ/kg). Trimiterea zgurii avînd o asemenea calitate la depozitul de zgură și cenușă al centralei este un lux care nu mai este admis astăzi. Captarea ei la pîlnia rece și reintroducerea ei în circuitul de combustibil solid al termocentralei în vederea remăcinării și rearderii este una din soluțiile de recuperare a acestei pierderi de căldură și de îmbunătățire a randamentului cazanelor de abur. În ICEMENERG această soluție a fost analizată și experimentată în paralel cu alte procedee de diminuare a pierderilor de căldură prin ardere mecanic incompletă la cazanele de abur care ard lignit [1].

Articolul de față prezintă rezultatele acestor experimentări și face o comparație, din punct de vedere tehnico-economic, între această soluție și celelalte procedee experimentate: insuflarea aerului terțiar în pîlnia rece [2] și grătarul de postardere [3].

★

Procedeul de recuperare a zgurii în vederea rearderii ei este aplicat deja în unele țări, cu rezultate pozitive:

— în Grecia, la termocentrala Aliveri, se recuperează numai o parte din zgură și anume cea care plutește în cuva cu apă a transportorului de zgură și care se reintroduce în circuitul de alimentare cu combustibil solid;

— în R.D. Germană, la centrala termoelectrică Lubbenau-Vetschau, zgura se extrage în întregime cu ajutorul unui sistem de benzi transportoare și se amestecă cu lignitul în buncărul de cărbune al stației de descărcare a combustibilului solid [4]; la Boxberg zgura se extrage pe cale hidraulică după care se separă de apă și se introduce în depozitul de combustibil solid în vederea amestecului cu lignitul; în R.P. Polonă, la Turow, zgura se extrage cu ajutorul benzilor de cauciuc și se reintroduce în aspirația unei mori.

În țara noastră, pentru diminuarea pierderilor de căldură prin ardere mecanic incompletă, grătarul de postardere s-a dovedit a fi cea mai economică soluție [1], pentru că el contribuie și la îmbunătățirea stabilității arderii și deci la diminuarea consumului de hidrocarburi. În plus, prezența lui permite introducerea în focar a unei cantități mărite de praf de lignit măcinat mai grosier (prin scoaterea separatoarelor morilor) și prin aceasta se obține mărirea sarcinii cazanului și creșterea indicilor de încărcare termică a focarelor, ceea ce contribuie la o și mai bună stabilizare a arderii.

Există un program de introducere a grătarelor de postardere la toate cazanele la care această acțiune se dovedește justificată din punct de vedere tehnico-economic. Întrucît acest program se desfășoară într-un anumit ritm, iar cazanele de abur alimentate cu lignit continuă să elimine zgura cu conținut caloric ridicat, s-a impus căutarea unui procedeu provizoriu, puțin costisitor, care să permită recuperarea zgurii evacuate la pîlnia rece în vederea rearderii ei.

S-au efectuat experimentări la două cazane de 1035 t/h (nr. 5 CTE Rovinari și nr. 2 din CTE Turceni) în vederea determinării caracteristicilor zgurii și stabilirii soluției mai potrivite pentru reintroducerea ei în circuitul de preparare a prafului de lignit. Puterea calorifică inferioară a zgurii a variat între 5 și 9 MJ/kg, în funcție de conținutul de xilită al lignitului brut. Puterea calorifică inferioară a lignitului din care a provenit zgura a fost de 4,7—7 MJ/kg, mai scăzută decît a zgurii produse. Aceasta se explică prin faptul că materialul lemnos (xilita), greu măcinabil, dar cu un conținut caloric ridicat și care se află în lignitul brut în proporție de circa 10% se regăsește în cea mai mare parte nears în zgură, proporția fiind, bineînțeles, mai mare (peste 15%). Partea din zgură care plutește are un procent de material lemnos nears de aproximativ 60%, în ea regăsindu-se cea mai mare parte a componenților lemnoși care cad în pîlnie. Puterea calorifică inferioară a plutitorilor din zgură este cuprinsă între 10 și 15 MJ/kg. Captarea zgurei în stare uscată ar conduce la mărirea puterii calorifice inferioare a zgurii recuperate cu circa 1,3 MJ/kg.

*) Autorii sînt cercetători științifici principali la ICEMENERG.

Cantitățile de material crud din zgură (nepirogenat și neatacat de procesul de ardere) variază în concordanță cu procentul de textinit și textoulminit din lignitul brut, fiind mai mici în cazul zgurilor de la Turceni (10—12%) și mai mari la cele de la Rovinari (15%). Puterea calorifică a zgurilor are valori ridicate și datorită cantităților mari de material pirogenat (circa 45%) provenind atît din compușii fibroși, cît și din cei gelifiați [5]. Particulele de zgură astfel „tratate termic" prin trecerea prin focar prin curentul de gaze de ardere fierbinți se comportă favorabil la măcinare, praful rezultat avînd o finețe de măcinare corespunzătoare, caracterizată prin $R_{90} = 65\%$ și $R_{1000} = 3\%$. Particulele de zgură au avut ,înainte de a pătrunde în moară, dimensiuni evidențiate la analiza granulometrică prin valorile $R_{90} = 97{,}2\%$ și $R_{1000} = 41{,}1\%$, așa cum rezultă din tabelul 1.

Tabelul 1

Analiza granulometrică a zgurii

Dimensiunea ochiului sitei (mm)	5	4	2,8	2	1	0,2	0,09
Restul pe sită (cumulat) (%)	2	4,4	9,5	19,6	41,1	94,7	97,2

Măcinabilitatea zgurii este mai bună decît a lignitului brut, particulele de zgură fiind sfărîmicioase și avînd suprafața exterioară plesnită. Coeficientul de măcinabilitate m_{VTI} pentru zgura prelevată la Turceni a avut valori cuprinse între 1,4 și 1,55, iar pentru lignitul de Jilț din care a provenit această zgură a avut valori de 0,75—0,9.

Zgura umedă prelevată este caracterizată, de asemenea, de un procent de umiditate de 35—45% și de cenușă (raportat la masa anhidră) de 35—60%. Evitarea introducerii imediate în moară a zgurii umede recuperate și trecerea ei prin depozit pentru scurgerea umidității ar permite mărirea puterii calorifice inferioare cu circa 0,25 MJ/kg la o diminuare a cantității de umiditate cu 25%. Partea plutitoare a zgurii are un procent de cenușă foarte mic: circa 10—15%. Materialele volatile sînt prezente într-un procent destul de ridicat în zgură (circa 12%), fapt confirmat de aprinderea corespunzătoare a prafului introdus printr-un arzător alimentat numai cu zgură [6.]

Zgura eliminată de pe grătarele de postardere montate la cazanele de 1035 t/h are o putere calorifică inferioară micșorată pînă la valori de 2,1—2,5 MJ/kg la Turceni și circa 3,3 MJ/kg la Rovinari, ceea ce o face neinteresantă pentru o eventuală recuperare în vederea rearderii ei. Aceste valori nu au putut fi reduse cu ajutorul grătarului de postardere la cifre mai mici datorită scoaterii separatoarelor morilor, necesară măririi debitului morilor și a sarcinii cazanelor. Se subliniază că prin montarea unui separator al morii îmbunătățit, în cazul preparării lignitului cu conținut ridicat de xilită , se diminuează debitul morii în favoarea finețiide măcinare și a calității arderii, cu efecte favorabile în sensul diminuării pierderilor de căldură prin ardere mecanic incompletă și deci creșterii randamentului cazanului. Așa s-a procedat la Ali.eri unde, după prevederea unui separator cu randament sporit (centrifugal), partea dn zgură care plutește (particulele cu conținut ridicat de xilită care, datorită portanței mari, pot trece prin separator) a rămas cu valori ale puterii calorifice inferioare de circa 14 MJ/kg, în timp ce zgura care cade la fundul cuvei transportorului de zgură are o putere calorifică inferioară de 0,5—1,3 MJ/kg, justificînd astfel recuperarea numai a plutitorilor din zgură.

Experimentările efectuate la cazanul nr. 5 de 1035 t/h din CTE Rovinari au avut ca principal scop determinarea eficienței procedeului de recuperare a părții din zgură care plutește în comparație cu recuperarea zgurii în întregime. În acest scop a fost necesară, în afară de compararea calității zgurii prelevate prin cele două procedee, determinarea cantității de zgură plutitoare pentru a se constata în ce măsură recuperarea acesteia poate contribui la rezolvarea problemei diminuării pierderilor de căldură ale cazanului prin ardere mecanic incompletă. La nivelul oglinzii apei din cuva transportorului de zgură s-a montat o conductă cu diametru de 200 mm (avînd poziția unui „prea-plin"), prin care s-a putut crea o circulație a apei care a antrenat plutitorii. Zgura a fost colectată în saci și cîntărită. Înainte de a se permite circulația apei prin conductă stratul de plutitori avea o grosime de circa 100 mm datorită acumulării acestora în timp și datorită modului în care racleții transportorului de zgură îi pot antrena. La deschiderea vanei conductei de „prea-plin" stratul și-a micșorat dimensiunile la valori de circa 10 mm, determinate de debitul real de particule de zgură care cad din focar și care pot pluti.

Debitul măsurat de plutitori din zgură a avut valori de 0,3—0,5 t/h față de circa 17 t/h cît era în acea perioadă debitul total de zgură evacuată la pîlnia rece. Efectul procedeului de recuperare a plutitorilor din zgură, chiar dacă au o putere calorifică ridicată, s-a dovedit, așadar, a fi de sub 10% din efectul recuperării în întregime a zgurii, ceea ce îl face ineficient pentru rezolvarea problemei. În cazul în care s-ar fi dovedit utilă montarea unei instalații de recuperare a plutitorilor din zgură existau

posibilităţi practice de realizare a ei constînd din :

— conducta de „prea-plin" menţionată mai sus ;

— un ejector care era disponibil ;

— o conductă de legătură între acest ejector şi bazinul de avarie al pompelor Bagger unde există posibilitatea separării zgurii de apă ;

— un greifer pentru extragerea zgurii din bazin ;

— un mijloc pentru transportul zgurii în depozit în vederea amestecului cu lignitul.

La cazanul nr. 2 de 1035 t h din CTE Turceni a fost montată o instalaţie experimentală de extragere a zgurii deversate de racleţii transportorului de zgură şi de transport al acesteia în depozitul de lignit într-o stivă special amenajată. Instalaţia era constituită dintr-o bandă transportoare de cauciuc de tip mobil, care extrăgea continuu zgura de sub pîlnia rece a cazanului şi o introducea într-un buncăr de zgură tampon, de unde o a doua bandă de acelaşi fel (cu funcţionare intermitentă) încărca zgura într-un mijloc de transport cu ajutorul căruia era cărată în stiva de zgură. După strîngerea unei cantităţi suficiente zgura a fost extrasă din stivă şi trimisă la măcinare într-o singură moară a cazanului, fără a se amesteca cu lignitul. În momentul experimentărilor cazanul era alimentat de alte două mori cu lignit, în aşa fel încît aportul caloric al zgurii a fost de circa 25% (s-a ars şi păcură drept combustibil suport). Măcinarea şi arderea zgurii s-au desfăşurat corespunzător, neobservîndu-se modificări importante în regimul cazanului la pătrunderea zgurii în moară şi în focar. Nearsele în zgură şi în cenuşa zburătoare nu au crescut. Instalaţiile de extracţie şi transport al combustibilului solid s-au comportat la fel ca şi în cazul funcţionării cu lignit. Nu s-au produs înfundări ale buncărelor, lipiri pe benzi şi nici spulberări pe durata depozitării.

Rezultatele pozitive ale experimentărilor de reardere a zgurii au permis trecerea la faza de proiectare a unei instalaţii de dimensiuni normale pentru extragerea zgurii din pîlnia rece şi trimiterea ei în depozitul de combustibil, în vederea amestecului cu lignitul (se preconiza amestecul a 1—2 părţi de zgură la 10 părţi de lignit).

În proiectul întocmit de I.S.P.E. s-a propus realizarea unei instalaţii constituite dintr-un sistem de benzi transportoare şi elevatoare, care permiteau extragerea zgurii de sub transportorul de zgură, ridicarea ei la un nivel care să permită evitarea unor obstacole existente şi transportul pînă în depozit.

Instalaţia s-a dovedit a fi foarte costisitoare şi a impus efectuarea unor calcule tehnico-economice înainte de a fi realizată. Comparaţia efectuată cu grătarul de postardere a dovedit eficienţa superioară a acestuia, impunînd abandonarea, pentru moment, a soluţiei de recuperare a zgurii. Rezultatele foarte bune obţinute ulterior la punerea în funcţiune a grătarelor de postardere la cazanele de 1035 t/h fac inoportună o eventuală reluare a procedeului de recuperare a zgurii în vederea rearderii ei la cazanele de 1035 t/h.

Pentru cazanele de abur la care nu există spaţiu pentru montarea unui grătar de postardere sau la care modificarea pîlniei reci în vederea creării spaţiului necesar ar duce la complicaţii imposibil de acceptat, este util să se apeleze la o instalaţie de recuperare a zgurii în vederea reducerii pierderilor de căldură prin ardere mecanic incompletă.

Se menţionează că în ICEMENERG există preocupări pentru realizarea unei instalaţii care să permită extragerea zgurii din pîlnia rece în stare uscată cu ajutorul unui ejector şi transportul ei pe cale pneumatică pînă la aspiraţia unei mori vecine în care să fie remăcinată în vederea rearderii. Aceasta ar însemna recuperarea în întregime a căldurii zgurii (inclusiv căldura sensibilă. ceea ce ar aduce acestui procedeu o eficienţă sporită faţă de instalaţiile de recuperare a zgurii în stare umedă. Schema propusă nu a intrat încă în faza de proiectare, întrucît la realizarea ei se întrevăd complicaţii pentru rezolvarea cărora mai sînt necesare cercetări.

În concluzie, s-a dovedit că zgura recuperată în stare umedă din pîlnia rece a cazanelor de 1035 t/h funcţionînd pe lignit se poate arde, dar instalaţia necesară este costisitoare şi neeconomică comparativ cu o altă soluţie care serveşte aceluiaşi scop (grătarul de postardere).

În cazul în care prevederea unui grătar de postardere întîmpină greutăţi care nu pot fi înlăturate datorită lipsei de spaţiu sau modificărilor importante necesare pîlniei reci, instalaţia de recuperare a zgurii în vederea rearderii îşi poate dovedi utilitatea în efortul de micşorare a pierderilor de căldură prin ardere mecanic incompletă. Decizia legată de oportunitatea montării ei se poate lua numai după efectuarea unui calcul tehnico-economic.

Bibliografie

[1] Chercea, Gh., Rădulescu, M. şi Roşu, A.: *Reducerea pierderilor de căldură prin ardere mecanic incompletă la cazanele de abur funcţionînd cu lignit.* Energetica 31, nr. 5, 1983, pag. 229—234.

[2] Chercea, Gh, Roşu, A. şi Poenaru G.: *Insuflarea aerului terţiar în pîlnia rece — procedeu de micşorare a pierderilor de căldură la cazanele de abur funcţionînd cu lignit.* Energetica 31, nr. 7—8, pag. 318—323.

[3] Bodu, T., Chercea, Gh., Roşu, A. şi Dănilă, I.: *Grătarul de postardere basculant — soluţie eficientă pentru mărirea randamentului cazanelor de abur care funcţionează cu lignit.* Energetica 31, nr. 9, pag. 386—394.

[4] Bode, A., Koritz, D. și Soldner, W.: *Verbreunnung von Nassaschen — ein Beitrag zur Primärenergieeinsparung*, Neuererbewegung Energie, Heft 12/73.
[5] * * * *Studiul unor însușiri fizico-chimice pentru cărbunii din baziul Oltenia — Nord.* Lucrare I.P.B. — 1982.
[6] * * * *Instalația de recuperare a zgurii umede de la cazanele de 1035 t/h pe lignit* — Temă de proiectare. Lucrare ICEMENERG — 1980.

(Primit la 2 aprilie 1983, acceptat la 19 mai 1983)

Reducerea și eliminarea consumurilor de hidrocarburi

Noi orientări în concepția gospodăriilor de cărbune aferente termocentralelor din R.S.R.

Ing. A. Drăguța*)

Evoluția dezvoltării centralelor termoelectrice din R.S.R. privită din punctul de vedere al combustibililor de bază folosiți pentru a fi arși în cazanele energetice, a marcat unele etape semnificative, care au influențat concepția privind proiectarea și realizarea funcționalității gospodăriilor de combustibil.

Aceste etape au constat în principal din:

— Perioada de început a programului de electrificare, reprezentată prin realizarea de centrale funcționînd pe cărbune brun și ligniți superiori din exploatările în subteran, avînd puteri calorifice între 2200 și 3400 kcal/kg.

— Perioada a doua de dezvoltare, reprezentată prin realizarea de centrale funcționînd pe hidrocarburi (păcură și gaze naturale sau industriale). Paralel, în această perioadă se realizează centrale funcționînd pe lingiți superiori și huilă energetică și mixte de huilă.

— Perioada a treia de dezvoltare, reprezentată prin realizarea de centrale funcționînd pe ligniți cu putere calorifică mică, extrași în carieră.

Utilizarea combustibililor solizi cu putere calorifică mică este direct legată de problema generală a aprovizionării mondiale cu energie.

Politica energetică din țara noastră prevede restrîngerea și treptat eliminarea utilizării hidrocarburilor în procesul de ardere în centralele termoelectrice, acestea urmînd a fi folosite în principal în chimizare.

În următoarea etapă, pentru producerea energiei electrice și termice în țara noastră se vor folosi cu precădere combustibilii solizi (cărbuni cu putere calorifică mică și șisturi bituminoase).

Întrebuințarea acestor combustibili implică găsirea de soluții noi, eficiente și ieftine, referitoare la transportul, descărcarea, depozitarea și prepararea lor în vederea arderii în cazanele de abur.

Rezolvarea acestor probleme prezintă unele dificultăți determinate de:

— variația în bandă largă a puterii calorifice și structurii fizico-chimice a ligniților de la o carieră la alta și chiar în aceeași carieră, explicabile prin adoptarea metodelor de extragere mecanizată cu mașini de mare productivitate;

— conținutul de xilită în cărbune, care variază aleatoriu în cadrul aceleiași cariere;

— conținutul de argilă în masa de cărbune;

— conținutul de corpuri străine (metale, blocuri de beton) în masa cărbunelui;

— variațiile foarte importante dintre cantitățile de cărbune livrate și cele consumate;

— creșterea distanțelor de transport al cărbunelui de la cariere și mine la termocentrale;

— reducerea și eliminarea celui de al doilea combustibil (hidrocarburi) ca adaos în focarele cazanelor pentru compensarea puterii calorifice mici a cărbunelui;

— fiabilitatea și întreținerea utilajelor;

— înghețarea cărbunelui în vagoane în timpul iernii, pe traseul de transport C.F.

Concepția actuală a gospodăriilor de cărbune aferente centralelor termoelectrice este orientată, în principal, spre rezolvarea următoarelor probleme:

a) dimensionarea corectă a instalațiilor de transport, descărcare-sortare, concasare și depozitare aferente schemei tehnologice adoptate;

b) dimensionarea optimă a capacității de stocare și amestecare a cărbunelui în depozite;

c) eliminarea în totalitate a corpurilor străine (argilă, xilită, metale magnetice și amagnetice etc.) din masa cărbunelui;

d) amestecarea (omogenizarea) cărbunilor în vederea îngustării benzii de calitate a cărbunelui livrat la centralele termoelectrice, în special reducerea variației de putere calorifică în limitele ± 150 kcal/kg;

e) eliminarea fenomenelor de colmatare a instalațiilor de transport, sortare-concasare și depozitare, precum și a buncărelor de cărbune din centrale, prin acoperirea utilajelor și depozitelor de cărbune pentru împiedicarea creșterii conținutului de apă din cărbune;

f) creșterea fiabilității schemei tehnologice de transport, sortare-concasare și depozitare, precum și a utilajelor aferente schemei.

În continuare se va prezenta concepția actuală în ceea ce privește dimensionarea instalațiilor și depozitelor de cărbune din cadrul gospodăriilor de cărbune aferente centralelor termoelectrice de mare putere, precum și

*) Andrei Drăguța este ing. la ISPE.

tehnologia aplicată pentru amestecarea cărbunilor în vederea îngustării variației de putere calorifică în limita ±150 kcal/kg.

1. Dimensionarea instalațiilor și depozitelor de cărbune din cadrul gospodăriilor de combustibil solid

1.1. Dimensionarea tuturor instalațiilor și dotărilor din cadrul gospodăriilor de combustibil solid se face pe baza valorii puterii calorifice medii de proiect a cărbunelui. Pentru a ține seama de variația puterii calorifice inferioare a cărbunelui se aplică un coeficient de corecție dat de relația :

$$C = \frac{PCMP}{PC_{min}},$$

în care :
$PCMP$ este puterea calorifică medie de proiect (STAS) ;
PC_{min} — puterea calorifică inferioară minimă din banda de calitate a cărbunelui livrat (STAS).

Cu acest coeficient de corecție se amplifică debitele menționate în cele ce urmează.

1.2. Principalele consumuri de cărbune evidențiate ca indicatori de calcul în proiectul gospodăriilor de combustibil solid și pe baza cărora se dimensionează debitele utilajelor sînt următoarele :

a) Consumul de cărbune maxim orar total al centralei termoelectrice (CTE) dat de relația :

$$CT = \sum_{1}^{n} i\,CCz, \quad [\text{t c.n./h}]$$

în care :
n este numărul de cazane al centralei termoelectrice ;
CCz — consumul maxim orar de cărbune al unui cazan (t.c.n./h).

Pe baza acestui consum se stabilește debitul orar al utilajelor din :
— stațiile de descărcare a vagoanelor ;
— stațiile de culbutare a vagoanelor ;
— stațiile de sortare — concasare ;
— depozitele de cărbune.

b) Consumul de cărbune maxim orar al unei grupări de cazane (CGCz) dat de relația :

$$CGCz = \sum_{1}^{n} jCCz, \text{ [t c.n./h]},$$

în care : n este numărul total de cazane al unei grupări.

Pe baza acestui consum se stabilește debitul utilajelor de transport ce fac legătura între depozitul de cărbune și grupul de cazane.

c) Consumul de cărbune mediu zilnic al centralei electrice de termoficare în trimestrul de iarnă ($CMZI$) dat de relația :

$$CMZI = \frac{CTI}{Ni}, \quad [\text{t c.n./zi}]$$

în care :
CTI este consumul maxim de cărbune cumulat în trimestrul de iarnă (decembrie, ianuarie, februarie) ;
N_i — numărul de zile ale trimestrului de iarnă.

Pe baza acestui consum de cărbune se dimensionează :
— capacitatea de trafic pe C.F. ;
— capacitatea de preluare a vagoanelor în stațiile de descărcare ;
— capacitatea de preluare a vagoanelor în tunelurile de dezgheț ;
— capacitatea stocurilor în depozitul de cărbune.

d) Consumul de cărbune mediu zilnic anual al centralei termoelectrice ($CMZA$) dat de relația :

$$CMZA = \frac{CA}{365} \text{ [t c.n./zi]},$$

în care :
CA este consumul de cărbune total cumulat pe an, t c.n./an.

Pe baza acestui consum se dimensionează traficul de transport dintre cariere și termocentrală.

1.3. Capacitatea maximă (debitul) a utilajelor din stația de descărcare, sortare-concasare, depozitare și transport din gospodăriile de cărbune se dimensionează conform prevederilor de la pct. 1.1 și 1.2 cu aplicarea unui coeficient de neuniformitate determinat în principal de opririle tehnologice ale utilajelor, coeficient a cărui valoare este cuprins între 1,35 și 1,5, funcție de complexitatea schemei și importanța consumatorilor de energie.

1.4. În funcție de consumurile rezultate din calcule gospodăria de combustibil solid se va încadra în una din treptele tipizate de : 100 t/h ; 200 t/h ; 400 t/h ; 600 t/h ; 1200 t/h și 2400 t/h.

1.5. Determinarea capacității minime a depozitului de cărbune (V) se stabilește cu relația :

$$V = V1 + V2 + V3 \quad [\text{t c.n.}],$$

în care :

$V1$ este capacitatea minimă necesară în depozit, pentru preluarea diferențelor de consum în perioada de iarnă față de livrările de cărbune de la cariere sau mine (numai pentru centralele electrice de termoficare), $V1 = (CMZI - CMZA \cdot N_i)$ [t c.n.] ;

$V2$ — capacitatea minimă necesară în depozit pentru asigurarea stocului de rezervă în situațiile de întrerupere a transportului de la carieră sau mine la termocentrală, sau întreruperea activității în cariere sau mine.

$$V2 = 24\ (N_t + N_c)\ CT,\ \text{t c.n.},$$

în care :

N_t este numărul maxim de zile de întrerupere a transportului pe secțiunile dintre cariere sau mine și termocentrală ;

N_c — numărul maxim de zile de întrerupere a activității în cariere sau mine ;

$V3$ — capacitatea minimă necesară în depozit, pentru asigurarea unor stive goale de depunere în straturi succesive a cărbunelui pentru realizarea tehnologiei de amestecare (omogenizare)

$$V3 = \left(\frac{1}{2} \cdot \cdot \frac{1}{6}\right)(V1 + V2)\ \text{tc.n.},$$ în care :

$\frac{1}{2}$ la $\frac{1}{6}$ se aleg în funcție de importanța tehnologiei de amestecare (omogenizare) a cărbunelui în depozit, precum și de mărimea variațiilor de calitate a cărbunelui livrat la termocentrală.

NOTĂ. Capacitatea minimă necesară în depozit nu se acceptă pentru o valoare mai mică de 30 zile de funcționare a termocentralei la consumul maxim al acesteia.

2. Tehnologia privind amestecarea (omogenizarea) cărbunilor în gospodăriile de combustibil solid

Tehnologia de descărcare, sortare-concasare și depozitare aferentă gospodăriilor de combustibil solid a fost astfel concepută încît să realizeze minimum două trepte de amestec simplu al cărbunelui în vederea îngustării variației puterilor calorifice.

Prima treaptă de amestec simplu se realizează în stațiile de descărcare supraterane echipate cu mașini de preluare cu roată cu cupe, iar cea de a doua treaptă se realizează în cadrul stivelor de cărbune din depozit (fig. 1).

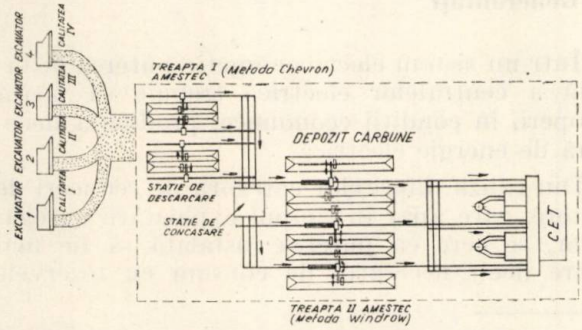


Fig. 1. Schema de alimentare cu cărbune amestecat a une C.E.T.

In principal amestecarea cărbunelui se realizează în depozitul de cărbune al termocentralei, depozit conceput astfel încît să asigure două funcțiuni tehnologice distincte, și anume :

— de asigurare a stocului de rezervă pentru iarnă ;

— de asigurare a unei trepte de amestec simplu.

Treapta de amestec se realizează după tehnologia de amestec simplu și nu după tehnologia de omogenizare. Pentru clarificarea deplină a celor două noțiuni se dă mai jos descrierea acestor tehnologii :

— „Omogenizarea "este o sumă de măsuri tehnologice special concepute și realizate prin care doi sau mai mulți constituienți cu caracteristici fizico-chimice foarte diferite, dar bine cunoscute pe bază de determinări anticipate, sînt intim amestecați în stive sau buncă-

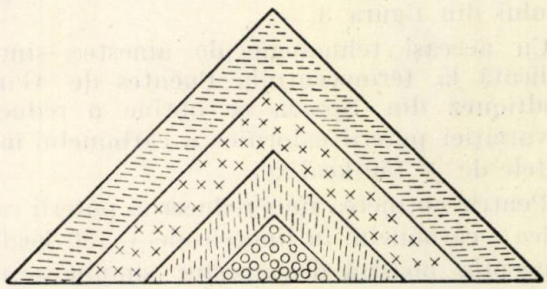


Fig. 2. a. Metoda „Chevron" prin care planul de descărcare al transportorului cu bandă și braț se amplasează deasupra liniei centrale a stratului.

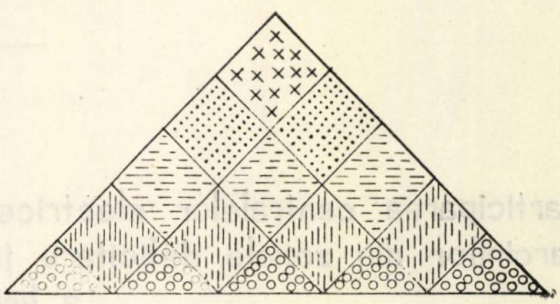


Fig. 2.b. Metoda „Windrow" prin care transportorul cu bandă și braț descarcă șiruri scurte de material pe toată suprafața (lățimea) stratului.

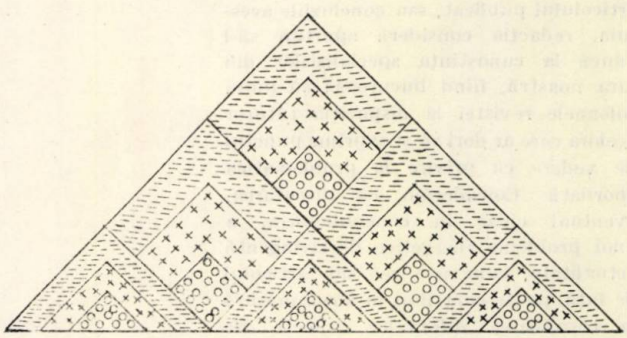


Fig. 2.c. O combinare între metoda „Chevron" și „Windrow".

re în anumite doze (proporţii), cu scopul obţinerii unui produs cu o bandă de calitate foarte restrînsă şi predeterminată şi avînd caracteristicile fizico-chimice riguros aceleaşi în orice punct.

— „Amestec simplu" este o sumă de măsuri tehnologice, special concepute şi realizate, prin care doi sau mai mulţi constituienţi cu caracteristici fizico-chimice diferite sînt amestecaţi în stive prin depunerea în straturi succesive, după una din metodele prezentate în figurile 2 *a*, 2 *b* sau 2 *c*, şi preluarea pe verticală, cu maşini cu roată cu cupe, a două sau trei straturi, cu scopul obţinerii unui amestec cu o bandă de calitate mai restrînsă, care nu poate fi riguros predeterminată.

Prin aplicarea tehnologiei de amestec simplu în urma experimentului efectuat de specialiştii bulgari s-a obţinut o reducere a variaţiei puterii calorifice a cărbunelui, conform graficului din figura 3.

Cu aceeaşi tehnologie de amestec simplu aplicată la termocentrala Puentes de Garcia Rodriquez din Spania se obţine o reducere a variaţiei puterii calorifice a cărbunelui în limitele de $\pm$ 150 kcal/kg.

Pentru obţinerea unei reduceri a puterii calorifice a cărbunelui în limitele de $\pm$ 150 kcal/kg concepţia noastră de amestec simplu se realizează în două trepte, astfel:

— în staţiile de descărcare cu estacade suprateranе monofilare, prin descărcarea şi depunerea în straturi succesive a 3-6 navete de vagoane cu cărbune, după metoda Chevron, şi preluarea pe verticală a cel puţin două straturi de la două navete de vagoane, cu maşinile cu roată cu cupe (treapta I de amestec);

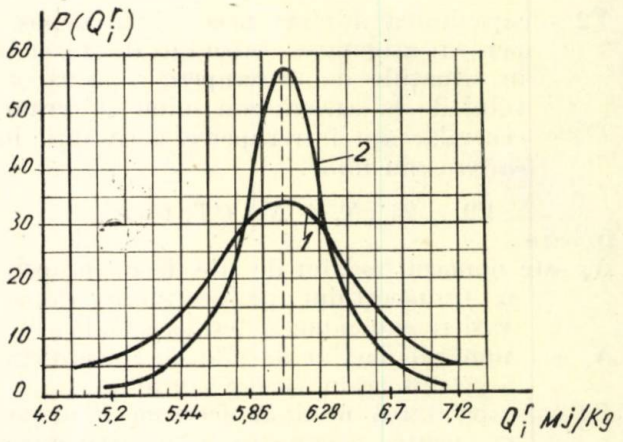


Fig. 3. Modelul de distribuţie a puterii calorifice a cărbunelui; 1 — înainte de omogenizare; 2 — după omogenizare.

— în depozitul de cărbune, prin depunerea şi stivuirea, după metoda Windrow, în straturi succesive de 0,5-0,75 m şi preluarea cu maşini cu roate cu cupe pe verticală a cel puţin două straturi depuse succesiv (treapta II-a de amestec). In cadrul depozitului se poate aplica o depunere în stive după metoda Chevron numai dacă acesta este acoperit şi deci nu mai necesită tasarea cărbunelui.

(Primit la 10 octombrie 1982, acceptat la 12 aprilie 1983)

Creşterea siguranţei în funcţionare a sistemului energetic şi a elementelor acestuia

Participarea centralelor electrice din zonele excedentare la acoperirea sarcinilor din zonele deficitare ţinînd seama de capacitatea de transport a liniilor electrice

Dr. ing. L. Lup*)

Nota redacţiei. Fără a-şi însuşi conţinutul articolului publicat, sau concluziile acestuia, redacţia consideră oportun să-l aducă la cunoştinţa specialiştilor din ţara noastră, fiind bucuroasă să pună coloanele revistei la dispoziţia tuturor acelora care ar dori să-şi exprime punctul de vedere cu privire la problematica abordată. Considerăm că discutarea, eventual chiar în contradictoriu, a unor probleme energetice de stringentă actualitate, cum este cea din articolul de faţă, poate contribui în largă măsură la clarificarea diferitelor aspecte ale acestor probleme.

Generalităţi

Într-un sistem electroenergetic puterea instalată a centralelor electrice trebuie să poată acoperi, în condiţii economice, producţia necesară de energie electrică.

Din cauza diferitelor categorii de reduceri de putere, care apar în timpul exploatării agregatelor, se cere ca puterea instalată să fie mai mare decît necesarul de consum cu rezervele

*) Ing. Liviu Lup este ing. proiectant principal gr. II la ISPE.

de putere pentru acoperirea acestor categorii de reduceri de putere.

Reducerea de putere datorită avariilor avînd un pronunţat caracter aleatoriu va imprima acest caracter şi valorii puterii efectiv utilizabile şi deci şi ansamblului diferitelor categorii de reduceri de putere.

In cazul în care rezerva de putere pentru avarii nu poate acoperi întreaga putere avariată şi deci se fac reduceri de consum de energie electrică, este necesar ca daunele în economia naţională, cauzate de limitările aplicate la consumatori, să fie de valoare aproximativ egală cu valoarea cheltuielilor necesare instalării şi exploatării de rezervă suplimentară de putere.

In ceea ce priveşte siguranţa alimentării consumatorilor electrici, aceasta este influenţată atît de siguranţa privind realizarea unei valori corespunzătoare a puterii efectiv utilizabile a centralelor electrice, cît şi de siguranţa disponibilităţii liniilor de legătură între centralele electrice şi consumatori.

Amplasarea centralelor electrice în diferitele zone ale ţării se face pe bază de calcule tehnico-economice şi este legată, în principal, de următorii factori :

— sursele de energie din care se asigură cu resurse energetice centralele electrice;

— posibilităţile şi cheltuielile legate de transportul resurselor energetice de la sursă la centralele electrice;

— amplasarea consumatorilor principali care urmează a fi alimentaţi cu energie electrică şi cheltuielile legate de transportul energiei electrice de la centrale la consumatori;

— posibilitatea alimentării cu apă şi asigurarea cu diverse materiale necesare realizării şi exploatării centralelor electrice;

— producerea combinată, alături de energia electrică şi a altor categorii energetice (termoficare etc.) sau materiale;

— factori geografici, geologici, seismici, ecologici etc.

1. Importanţa capacităţii liniilor de transport asupra participării centralelor electrice din zonele excedentare la acoperirea sarcinilor din zonele deficitare

Din cele de mai sus rezultă că distribuţia centralelor electrice în diferitele zone de consum nu poate fi uniformă, iar siguranţa alimentării cu energie electrică diferă de la o zonă la alta şi de la un consumator la altul.

Pentru a aduce valoarea gradului de siguranţă în limite rezonabile este necesar a dimensiona corespunzător numărul şi capacitatea de transport ale liniilor de legătură între zonele excedentare şi zonele deficitare de producţie de energie electrică.

In calculele tehnico-economice trebuie luate în consideraţie, în principal, următoarele elemente :

— cheltuielile legate de realizarea şi exploatarea în diverse variante a numărului şi capacităţilor liniilor de legătură între diversele zone ale sistemului;

— daunele în economie în diversele variante, menţionate mai sus, cauzate de alimentarea incompletă cu energie.

Energia electrică asigurată în zonele deficitare de către centralele electrice din aceste zone este dată [1] de relaţia :

$$E_s = E_n - E_d, \tag{1}$$

în care :

E_s este energia electrică asigurată de centralele electrice din zona respectivă;

E_n — energia electrică necesară în zona;

E_d — energia electrică deficitară în zonă, care se calculează cu relaţia :

$$E_d = \sum_{k=l+1}^{2^n} E_{dk} = \sum_{k=l+1}^{2^n} ak(P_{dk}\, t_k + P_{dk} - 1 \cdot \cdot t_{k-1} + \cdots + P_{dk-l}\, t_{k-l}), \tag{2}$$

în care :

a_k este probabilitatea ca în zonă să fie un deficit de putere pe un anumit interval de timp conform figurii 1.

In cazul în care se ţine seama de acoperirea sarcinii din zonele deficitare şi de către centralele electrice din zonele excedentare, energia electrică de deficit în aceste zone deficitare va fi conform cu relaţia :

$$E'_d = \sum_k a_k\, e_{dk}\, a'_{lk} \sum_j a_j t_j + \sum_k \mathrm{k}_{lk}\, a_k e_{dk} \sum_j a'_j\, t'_j + + \sum_k a_k\, e_{dk}\, a'_{lk} \sum_j a'_j\, t'_j \tag{3}$$

în care :

e_{dk} este energia de deficit calculată cu relaţia :

$$e_{dk} = P_{dh}\, t_k + P_{dh-1}\, t_{k-1} + \cdots\cdots + P_{dh-l}\, t_{k-l} \tag{4}$$

în care :

P_{dh} este puterea de deficit în zona deficitară pe timpul t_k în cazul în care în zonă este în avarie puterea P_{dk} şi se primeşte un aport de putere din zonele excedentare.

Celelalte mărimi din relaţia (3) au semnificaţia :

a_k — probabilitatea de a fi în avarie în zona deficitară puterea P_{dk} la care corespunde deficitul pe intervalul de timp t_k;

a_j — probabilitatea ca zonele excedentare să dispună de putere pe timpul t_j pentru acoperirea deficitului din zona deficitară;

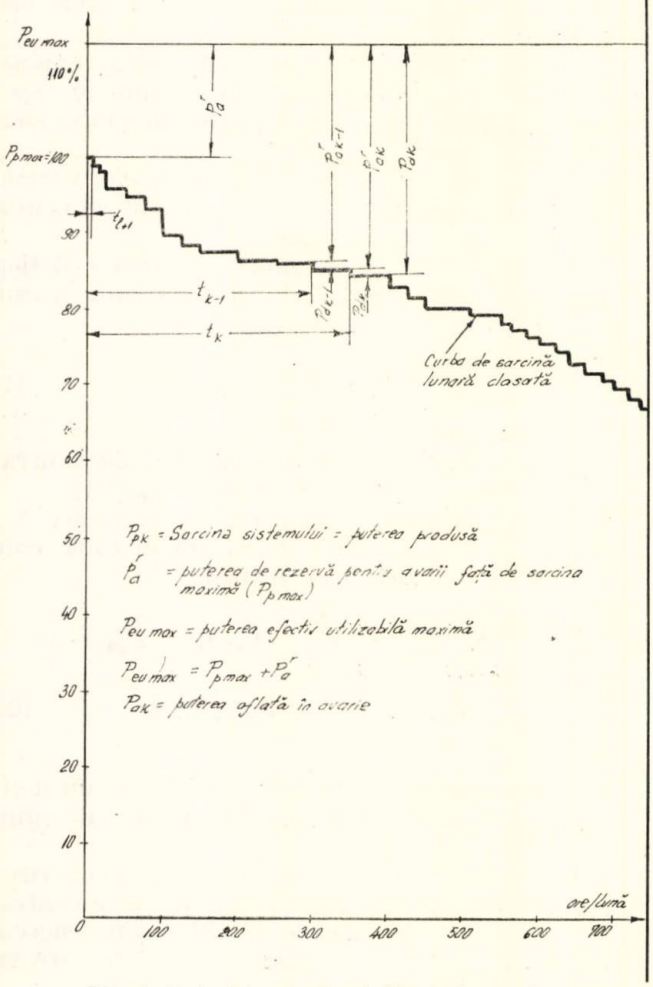


Fig. 1. Puteri în avarie și timpi de avarie.

a'_j — probabilitatea ca zonele excedentare să nu dispună de putere pentru acoperirea deficitului din zona deficitară pe timpul t'_j;

a_{lk} — probabilitatea ca liniile de legătură între zone să poată acoperi deficitul de putere din zona deficitară m;

a'_{lk} — probabilitatea ca liniile de legătură între zone să nu poată acoperi deficitul de putere din zona deficitară.

Cînd capacitatea de transport a liniilor de legătură între zone are valoarea foarte mică tinzînd spre zero, probabilitatea a'_{lk} pentru ca liniile de legătură între zone să nu aibă capacitatea de a acoperi deficitul din zonă, tinde spre 1 și deci valoarea energiei de deficit, E_d, din relația (3) tinde spre valoarea lui E_d din relația (2).

În cazul în care capacitatea de transport a liniilor de legătură între zone are valoare mare probabilitatea a'_{lk} tinde spre zero, iar deficit în zonă va apărea numai în momentul în care rezerva de putere din zona excedentară devine nulă.

Capacitatea de transport optimă a liniilor electrice este aceea prevăzută în soluția care are valoarea cheltuielilor actualizate minimă.

2. Posibilitatea reducerii puterii instalate în unele zone ca urmare a existenței unui excedent de putere în alte zone și a creșterii capacității de transport a liniilor electrice de legătură între zone

In studiile pentru dezvoltarea în perspectivă a sistemului electroenergetic, care se întocmesc cu 5-10-15 ani înainte, se analizează, de obicei, mai multe soluții cu structuri diferite de centrale electrice. Repartiția puterilor instalate, în cadrul diferitelor zone ale țării nu poate fi realizată, din motivele arătate, și nici nu este economic, așa cum rezultă din calculele de optimizare făcute în multiple cazuri, a se realiza proporțional cu necesarul de consum pe zone. Deci nu toate zonele sînt egal asigurate și nici aceeași zonă nu este egal asigurată în toate soluțiile cu putere instalată în zona respectivă. Se pune deci, problema de a determina nivelul necesar de putere instalată într-o anumită zonă, precum și capacitatea de transport a liniilor de legătură între zona respectivă și celelalte zone ale țării (cu excedent de putere), sau altfel spus se pune problema de a stabili posibilitățile de reducere a puterii instalate în unele zone, ca urmare a prevederii unui excedent de putere în alte zone și a prevederii creșterii capacității de transport a liniilor electrice de legătură față de nivelul necesar, fără considerarea transferului din alte zone.

In cadrul problemei puse, se poate determina valoarea reducerilor de putere pe baza relațiilor de mai sus, în modul următor:

— se stabilește nivelul optim (necesar) de putere instalată [2] în zonă, fără a ține seama de aportul de putere din alte zone (deci considerînd zona izolată); gradul optim de siguranță se notează cu S_E;

— se stabilește nivelul de putere instalată în zonă astfel încît să se ajungă la un grad de siguranță S'_E în cazul în care se ți e seama de aportul de putere din alte zone, egal cu gradul de siguranță S_E calculat fără a se ține seama de aportul de putere din alte zone.

Gradul de siguranță se calculează cu relațiile

$$S_E = \frac{E_n - E_d}{E_n} \times 100, \ (\%) \qquad (5)$$

în cazul în care nu se ține seama de aportul altor zone, sau:

$$S'_E = \frac{E_n - E'_d}{E_n} \times \qquad \% \qquad (6)$$

în cazul în care se ține seama de aportul altor zone.

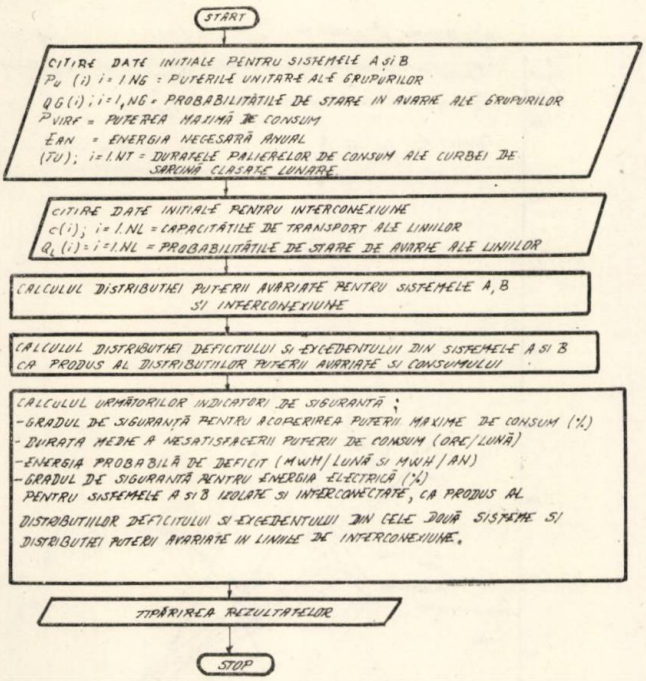


Fig. 2. Schema logică de principiu a programului INTERCON.

Reducerea posibilă de putere instalată (şi deci şi de rezervă de putere) în zonă, este dată de diferenţa între nivelul de putere instalată necesar în cele două soluţii analizate, pentru aceeaşi asigurare dată consumatorilor în ambele cazuri.

Pentru calculul, la calculatorul electronic, al energiei de deficit, E_d şi E'_d şi gradului de siguranţă S_E şi S'_E este întocmit în cadrul ISPE un program (programul INTERCON) (fig 2) [3].

Programul pentru calculator este astfel întocmit încît să poată fi utilizat pentru zone egale ca putere de consum, sau oricît de diferite, precum şi cu putere instalată în oricare zonă cuprinsă între zero şi valoarea necesară acoperirii consumului din zona respectivă, precum şi din zona vecină (deci consumul unei zone putînd fi asigurat parţial sau total din zona vecină).

In cazul interconectării a două sau mai multe zone ale aceleiaşi ţări (nefiind necesară funcţionarea pe sold de schimb de energie anual - sau periodic - nul), rezerva optimă de putere pentru ansamblul sistemului interconectat este mai mică decît suma rezervelor optime necesare în zone în cazul funcţionării izolate.

Nivelul optim de putere instalată pe ansamblul sistemului naţional şi în fiecare zonă în parte, precum şi numărul şi capacitatea de transport a liniilor electrice de legătură se stabilesc pe baza „Normativului privind calculele comparative tehnico-economice la instalaţiile de producere, transport şi distribuţie a energiei electrice şi termice", PE - 011/82. Astfel se selectează, dintre multele variante luate în consideraţie în calcul, echivalente din punctul de vedere al siguranţei alimentării cu energie a consumatorilor electrici, varianta cu putere instalată mai mică într-o zonă, pe baza alimentării zonei respective, prin linii electrice de transport, dintr-o zonă excedentară.

3. Utilizarea modelului şi a programului prezentat pentru calculul eficienţei interconexiunilor

Materialul prezentat mai sus se utilizează [3 şi 4] şi pentru calculul eficienţei interconexiunii sistemelor electroenergetice pentru calcule privind creşterea siguranţei alimentării consumatorilor şi pentru determinarea posibilităţilor de reducere a nivelului de putere instalată.

La funcţionarea interconectată a sistemelor electroenergetice se obţine, în general, creşterea gradului de siguranţă a alimentării consumatorilor din fiecare din sistemele care se interconectează pentru acelaşi nivel de putere instalată în sistem.

Posibilitatea reducerii nivelului necesar de putere instalată şi a rezervelor de putere, ca urmare a interconexiunii, este funcţie de structura fiecărui sistem electroenergetic în parte şi de condiţiile lui de funcţionare.

In cazul prevederii unui import planificat de putere şi energie se poate reduce nivelul de putere instalată în sistemul care importă, proporţional cu acest import, respectiv trebuie crescut nivelul de putere instalată în sistemul care exportă energie, proporţional cu exportul planificat.

Sistemele electroenergetice pot funcţiona în paralel în următoarele situaţii [5] :

— funcţionarea solidară, caz în care interconexiunea între sisteme se menţine în orice condiţii, sistemele participante putînd schimba între ele puteri pînă la limita capacităţii de transport a liniilor de interconexiune, sistemele putîndu-se antrena reciproc în deficit :

— funcţionarea cu transfer limitat de putere, caz în care sistemele pot schimba între ele puteri pînă la anumite plafoane dinainte stabilite ;

— funcţionarea cu prioritate, cînd fiecare sistem poate întrerupe transferul de putere cînd riscă să fie antrenat în deficit de putere, chiar dacă nu s-a atins capacitatea de transport a liniilor.

Peste funcţionarea sub una din formele menţionate mai sus, cu schimb de putere în cazuri de deficit de putere, în unele sisteme se suprapune adesea şi un schimb de putere planificat, convenit anticipat şi legiferat prin contract.

Modelul de calcul prezentat mai sus, poate fi aplicat în toate aceste cazuri de funcţionare interconectată, ştiind că :

— la funcţionarea solidară sistemul în deficit de putere preia putere din sistemul vecin, fie pînă la atingerea capacităţii de transport, a liniilor de interconexiune, fie pînă la scăderea frecvenţei în sisteme pînă la limita inferioară admisă, după care, într-un mod oarecare, unul sau ambele sisteme trebuie să-şi reducă puterea consumată, pentru a împiedica scăderea în continuare a frecvenţei, stabilindu-se deci noi curbe de sarcină ;

— la funcţionarea cu transfer limitat se pune suplimentar condiţia ca în nici un caz să nu fie depăşită limita de transfer de putere convenită ;

— la funcţionarea cu prioritate sistemul în deficit trebuie să-şi regleze astfel consumul încît să nu antreneze în deficit sistemul vecin ;

— schimbul planificat de putere intră în curba de sarcină a sistemului, care trebuie să livreze puterea conform graficului respectiv stabilit ; această putere va limita capacitatea de transfer neplanificat de putere a liniilor de interconexiune spre sistemul care este importator planificat.

Diferenţa esenţială între funcţionarea în paralel a zonelor unei ţări şi funcţionarea în paralel a unor sisteme naţionale, constă în aceea că în primul caz nu se fac limitări la transferul de energie, balanţa putînd fi pozitivă sau negativă pentru oricare zonă, pe cînd în al doilea caz (la funcţionarea interconectată a sistemelor naţionale) la schimbul neplanificat de energie şi putere se fac întotdeauna limitări de transfer de energie, balanţa trebuind să fie nulă sau cel mult limitată la o anumită valoare pozitivă sau negativă, pentru oricare sistem, funcţie de convenţiile care stau la baza funcţionării în paralel.

La funcţionarea interconectată a sistemelor electroenergetice se cere ca aceste sisteme să aibă rezerve de putere pentru avarii (ca valori procentuale) cît mai apropiate, pentru a putea funcţiona pe sold anual neplanificat nul.

In figura 3 se prezintă, în baza calculelor făcute în cadrul studiilor de dezvoltare a ansamblului sistemului electroenergetic naţional, consumul de energie necesar şi posibil a fi schimbat, ca ajutor de avarie în cadrul schimburilor neplanificate de energie între două sisteme electroenergetice ale unor state vecine, din care unul (sistemul A) are o putere maximă de consum de 13000 MW, iar celălalt (sistemul B, al mai multor ţări) are o putere maximă de consum de 130 000 MW.

Se constată (curbele A1 şi A2 şi curbele B1 şi B2), că atunci cînd cele două sisteme au puteri de rezervă pentru avarii, exprimate în procente din puterea maximă de consum, egale, fiecare sistem primeşte de la sistemul

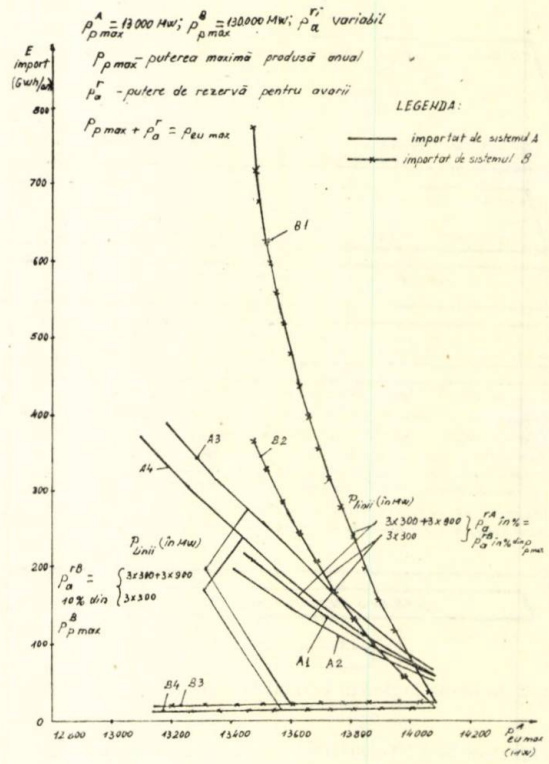


Fig. 3. Evoluţia energiei importate de sistemele interconectate funcţie de puterea efectiv utilizabilă maximă a sistemelor şi de capacitatea de transport a liniilor de interconexiune.

vecin, sau cedează acestuia, energie, funcţie de situaţia din cele două sisteme. Sistemul mai mare, avînd nevoie de mai multă cantitate de energie de schimb, poate să preia de la sistemul vecin mai multă energie, astfel încît schimbul se poate echilibra cu mai multă uşurinţă pentru sistemul mai mic (propriu). In schimb, în cazul în care sistemul B (cel mare) are o rezervă de putere pentru avarii relativ satisfăcătoare (de circa 10% din puterea de consum), iar în sistemul A (cel mic) rezerva de putere pentru avarii scade treptat, de la 10% la zero, se constată (curbele A3 şi A4 şi curbele B3 şi B4) că sistemul A are din ce în ce mai mare nevoie de energie din sistemul vecin, pe cînd acesta, pe de o parte, are nevoie de un consum relativ mic de energie, iar pe de altă parte, cînd are nevoie nu o poate prelua, deoarece găseşte din ce în ce în cazuri mai puţine sistemul A cu excedent de putere.

Deci în cazul în care un sistem (cel vecin) are o rezervă de avarii egală cu cea optimă (la funcţionarea izolată), iar celălalt sistem (propriu), are rezerva mai mică, sistemul propriu (care are rezerva mai mică) va găsi din ce în ce mai puţine cazuri sistemul prim (vecin) în deficit pentru a-i returna energia luată la avarii, rămînînd deci cu un sold deficitar (import) neplanificat.

In acelaşi sens se subliniază faptul că, în mod practic, la sistemele cu pondere mare

de CHE, reducerea rezervelor de putere pentru avarii, ca urmare a interconexiunii, poate avea o valoare cel mult egală cu diferența între valoarea optimă a puterii de rezervă, pentru avarii la sistemul considerat izolat, și valoarea puterii medii, în avarie dedusă de media probabilităților de stare în avarie a agregatelor, conform relației :

$$P^r_{a\,min} = \frac{q_m P_{p\,max}}{1 - q_m}, \qquad (7)$$

în care :

$$q_m = \frac{\Sigma n_i P_i q_i}{\Sigma n_i P_i}; \qquad (8)$$

$P_{p\ max}$ — puterea maximă necesară a fi produsă ; n_i — numărul de agregate din grupa i cu puterea unitară P_i și probabilitatea de stare în avarie q_i.

Aceasta datorită faptului că centralele hidroelectrice au, în general, o durată mică de utilizare anuală a puterii instalate și au producția funcție de hidraulicitate.

Trebuie remarcat faptul că pe măsură ce valoarea investițiilor specifice în centralele electrice crește, față de valoarea venitului național, rezerva optimă pentru avarii poate scădea sub valoarea rezultată din relația (7).

De asemenea, trebuie verificat dacă prin reducerea puterii, ca urmare a interconexiunii, gentralele rămase mai pot acoperi producția cecesară de energie electrică pentru a nu ajunne, în mod nedorit, la un import planificat și neplanificat de energie electrică.

Pentru sistemul electroenergetic al României, prevăzut a se dezvolta cu o pondere mare de centrale hidroelectrice și cu centrale termoelectrice cu funcționare în general în bază, reducerea rezervelor de putere și a nivelului de putere instalată, ca urmare a funcționării interconectate (în afara unui import planificat de energie și putere electrică) ar duce la deficit de energie sau la import neplanificat, deoarece :

— reducerea puterii în centrale hidroelectrice, prin nerealizarea unor centrale, duce la reducerea energiei productibile din această categorie de centrale, iar reducerea puterii prin subechiparea unor centrale ar fi puțin avantajoasă deoarece supraechiparea este relativ ieftină, iar centralele hidroelectrice se construiesc pentru o durată lungă de viață și cu timpul ponderea lor în curbele de sarcină tinde să scadă. In afară de preluarea variațiilor zilnice de sarcini, centralele hidroelectrice, în cazul în care dispun de rezerve de putere, mai pot prelua și abaterile de la o zi la alta cauzate de avarii ;

— reducerea puterii centralelor termoelectrice, care urmează a funcționa în următorii ani, conform prevederilor în zona de bază a curbelor de sarcină, ar duce, de asemenea, la reducerea energiei productibile a acestei categorii de centrale.

Bibliografie

[1] Lup, L. : *Model probabilistic de calcul al siguranței alimentării marilor consumatori de energie electrică.* Consfătuirea tehnico-științifică, Galați, 22—24 oct. 1970.

[2] Nitu, V. I. și alții : *Fiabilitatea instalațiilor energetice* — culegere de probleme. Editura tehnică, București, 1979.

[3] Lup, L. Vâlcereanu, Gh. : *Verringerung der in elektrischen Systemen erforderlichen Leistungen als Folge des Verbudbetriebs.* Buletin ISPE nr. 2/1975.

[4] Lup, L., Vâlcereanu, Gh. : *Efectul interconexiunii cu sistemele vecine asupra siguranței în funcționare a sistemelor interconectate.* Simpozionul : Siguranța în funcționare a instalațiilor energetice" București, 13—14 octombrie, 1977.

[5] Soci, A. : *Influența interconexiunii sistemelor electroenergetice asupra siguranței lor în funcționare.* In : „Studii și cercetări de energetică și eletrotehnică", nr. 1/1967, p. 67—79.

(Primit la 10 noiembrie 1981, acceptat la 6 aprilie 1983)

Modelarea sistemului de reglare automată a excitației (SRAE), aferent grupurilor din centrala Porțile de Fier 1

H. Cristea, T.L. Dragomir, Al. Tătaru, O. Crișan, St. Preitl, I. Fecioru, P. Mătăsariu, St. Kileni*)

I. Structura SRAE

I.1. Introducere

In cadrul Sistemului Energetic Național, zona Oltenia prezintă unele particularități, care impun acordarea unei atenții deosebite funcționării centralelor electrice aferente:

— este o zonă puternic excedentară;

— sursele sînt concentrate practic în patru mari centrale: PdF 1, Rovinari, Turceni și Işalnița, cu puteri instalate de peste 1000 MW pe fiecare centrală;

— caracteristicile energetice ale centralelor sînt esențial diferite;

— zona este conectată foarte diferit de restul sistemului, avînd legături strînse înspre est și legături slabe înspre vest;

— atît SRAE, cît și sistemele de reglare automată a vitezei, aferente grupurilor generatoare, diferă, pe de o parte, din punct de vedere structural, iar pe de altă parte au parametrii de acordare dispersați în domenii largi.

Datorită acestor aspecte, zona Oltenia se caracterizează printr-o sensibilitate pronunțată la perturbații, comportarea ei avînd o influență apreciabilă asupra comportării sistemului în ansamblu.

In cadrul centralelor din zonă, centrala PdF 1 se remarcă printr-o dinamică foarte rapidă cauzată, în mare parte, de comportarea SRAE cu acțiune intensivă ale grupurilor aferente.

In vederea îmbunătățirii comportării centralei PdF 1, a celorlalte centrale din zonă și a sistemului în ansamblu în raport cu diverse perturbații, s-a întreprins o cercetare privind optimizarea SRAE ale grupurilor de la PdF 1, în regimuri și la perturbații prestabilite. In cadrul cercetării, o etapă componentă a constituit-o identificarea SRAE de către un colectiv alcătuit din cadre de la ICEMENERG-LSE București, I. P. Traian Vuia, Timișoara — Catedra de automatică și calculatoare și I. E. PdF 1. In această etapă, pe baza informațiilor existente a fost stabilită, ca prim pas, structura informațională a SRAE [1], și în continuare s-a efectuat identificarea parametrică a tuturor blocurilor funcționale componente ale acestor sisteme [2].

In prima parte a lucrării se prezintă structura, modul de funcționare a elementelor componente și schema bloc cantitativă a SRAE, iar în partea a doua modelul matematic intrare-stare-ieșire.

I.2. Principalele caracteristici ale grupurilor și SRAE din centrala hidroelectrică Porțile de Fier 1

Centrala PdF 1 dispune de șase grupuri hidro, avînd pe partea de generator, următoarele caracteristici nominale:

$$S_n = 190 \text{ MVA}, \; U_n = 15{,}75 \text{ kV}, \cos \varphi_n = 0{,}9,$$

$$(I_n \cong 6970 \text{ A})$$

$$U_{En} = 375 \text{ V}, \; I_{En} = 1800 \text{ A}.$$

Excitația se asigură printr-un sistem de redresare comandată, comanda de reglare automată realizîndu-se prin modificarea unghiului de aprindere al tiristoarelor. Alimentarea sistemului de redresare se realizează de la un generator sincron auxiliar, aflat pe axul principal al grupului, generator care are următoarele caracteristici principale [1, p. 5-6]:

$$P_{an} = 1760 \text{ kW}; \; U_{an} = 675 \text{ V}; \; I_{an} = 1510 \text{ A}.$$

Sistemul de redresare este alcătuit dintr-un ansamblu de două punți redresoare comandate de așa-numitele canale de reglaj și de forțare, care permit modificarea tensiunii de excitație prin modificarea corespunzătoare a unghiurilor de aprindere, în domeniul $-550 \text{ V} \div 890 \text{ V}$.

Avînd în vedere că trecerea funcționării de pe puntea redresoare aferentă canalului de reglaj pe puntea redresoare aferentă canalului de forțare se face în mod continuu, comportarea ansamblului poate fi caracterizată, din punct de vedere informațional, printr-un singur bloc.

SRAE, de tip intensiv, cu reacție de stabilizare, reprezintă, în principiu, un regulator multivariabil la intrare, avînd un coeficient de transfer de valoare mare pe canalul principal, al abaterii de tensiune. Celelalte intrări asigură reacții după abaterea de frecvență, derivata frecvenței, derivata tensiunii la bornele generatorului, curentul rotoric și puterea reactivă. Calea directă a regulatorului ce

*) Dr. ing. Cristea Haralambie este șef colectiv de cercetare la ICEMENERG — București; șef lucr. ing. Dragomir Toma, prof. dr. ing. Crișan Ovidiu, șef lucr. ing. Preitl Ștefan, șef lucr. ing. Mătăsariu Petru și șef lucr. ing. Kilyeni Ștefan sînt cadre didactice la Institutul Politehnic „Traian Vuia" Timișoara; ing. Tătaru Alexandru este inginer principal la I.E.PdFl; ing. Fecioru Ionel este inginer principal la CIRE — București.

prelucrează rezultatul comparării mărimilor mărimilor sus-menţionate, are aspectul unei bucle cu două reacţii negative, numite reacţii interne ale SRAE, prima rigidă, destinată liniarizării caracteristicii de transfer a căii directe şi reducerii constantei de timp a acesteia, şi a doua, elastică, prevăzută în vederea amortizării oscilaţiilor. SRAE este în ansamblu un sistem neliniar, ce conţine pe majoritatea canalelor blocuri cu un domeniu de funcţionare liniară mărginit, în general ca urmare a necesităţii limitării nivelului mărimilor de ieşire sau ca urmare a saturării acestora, iar pe unele canale, blocuri neliniare cu acţiune discontinuă, în principal cu rol de protecţie.

Se menţionează că există posibilitatea ca unul sau mai multe dintre canalele abaterii de frecvenţă, derivatei abaterii de frecvenţă, derivatei tensiunii, derivatei curentului rotoric, reacţiei elastice, forţare prin relee, limitare a excitaţiei minime, să fie decuplate din schema regulatorului.

I.3. Schema S R A E

I.3.1. *Consideraţii generale*

Pe baza analizei documentaţiei tehnice a SRAE şi a identificării teoretice a acestuia, precum şi pe baza identificărilor experimentale efectuate la regulatorul de la grupul 3 din CHE — PdF 1, s-a obţinut schema bloc prezentată în figura I.1. [1, p. 7-19], [2, p. 8-27], care reflectă structura constructivă şi comportarea funcţională a SRAE. Denumirile blocurilor mari redau funcţiile lor conform documentaţiei SRAE. Se disting următoarele categorii de blocuri:

— blocuri ce asigură reacţii după mărimi externe regulatorului: **blocul de tensiune, blocul de frecvenţă, blocul curentului rotoric;**

— un bloc ce asigură reacţii după mărimi interne regulatorului: **blocul reacţiilor interne;**

— blocuri cu acţiune discontinuă, care se produce în cazuri limită: **blocul forţare prin relee, blocul limitare excitaţie;**

— blocuri decizionale: **blocul de comandă şi blocul de execuţie.**

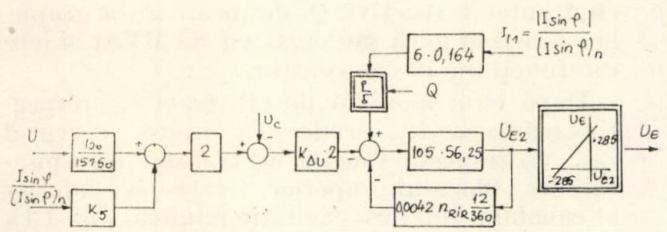


Fig. I.1. Schema bloc a SRAE utilizată pentru studiul regimurilor staţionare.

Pentru elementele de transfer s-au precizat funcţiile de transfer, adică modelul matematic intrare-ieşire al acestora în domeniul operaţional. Coeficienţii de transfer ai elementelor de transfer proporţionale şi ai elementelor de transfer proporţionale cu întîrziere de ordinul I sînt dimensionali, avînd unitatea de măsură egală cu raportul dintre unitatea de măsură a mărimii de la ieşirea blocului considerat şi unitatea de măsură a mărimii de la intrarea aceluiaşi bloc. Dimensiunile coeficienţilor de amplificare ai blocurilor derivative cu întîrziere de ordinul I, se obţin înmulţind rapoartele menţionate cu unitatea de măsură a timpului, secunda. Toate constantele de timp sînt exprimate în secunde. Factorii $n_{\Delta f}$, $n_{\Delta f}'$, n_u', n_{Irot}, n_{RA}, n_{RIR} şi n_{RIE} sînt adimensionali, luînd valori întregi ce corespund diferitelor poziţii ale unor „chei" de ajustare a amplificărilor şi constantelor de timp ale blocurilor componente.

Elementele neliniare sînt redate, în principal, prin elemente cu caracteristici statice neliniare, a căror valabilitate se păstrează şi în regim dinamic, şi prin elemente de tip releu, cu anclanşare şi declanşare condiţionată de factori bine precizaţi.

Cu Σ s-au marcat elementele sumatoare.

Referitor la componentele SRAE, în continuare se vor menţiona unele precizări cantitative şi calitative asupra diverselor blocuri. Ordinea în care se analizează diversele blocuri a fost stabilită în funcţie de modul în care acestea prelucrează informaţia.

I.3.2. *Blocurile cu acţiune continuă ale SRAE*

I.3.2.1. Blocul de tensiune. Blocul de tensiune reprezintă principala cale de reacţie externă. El are ca mărimi de intrare tensiunea la borne, U, şi componenta reactivă a curentului, sub forma $\frac{I \sin \varphi}{(I \sin \varphi)_n}$, pentru realizarea compoundajului. După trecerea semnalului sumă printr-un element de transfer de ordinul I, corespunzător unui bloc constructiv de redresare-filtrare, acesta este transmis atît canalului abaterii de tensiune, cît şi canalului derivatei tensiunii. Abaterea de tensiune ΔU se formează prin compararea semnalului sumă filtrat, U_1, cu tensiunea de consum U_c (mărime de prescriere). Mărimile de ieşire ale celor două canale, deci ale blocului de tensiune, sînt curenţii $i_{\Delta U}$ şi $i_{\Delta U}'$, proporţionali cu abaterea, respectiv cu derivata tensiunii la borne.

Referitor la parametrii care intervin în blocul de tensiune, se precizează următoarele:

— coeficientul de statism K_s, poate lua 13 valori întregi în domeniul 1 ... 13, (1-13) %;

— amplificarea de pe canalul abaterii de tensiune, $K_{\Delta U}$ poate avea trei valori:

$$K_{\Delta U50} = 0{,}04075 \text{ mA/V}; \quad K_{\Delta U25} = 0{,}02325 \text{ mA/V};$$

$$K_{\Delta U15} = 0{,}01 \text{ mA/V};$$

— cheia de ajustare a amplificării canalului derivatei tensiunii poate avea 10 poziții, cărora le corespund 10 valori întregi ale coeficientului n_U'; $n_U' = 1, \ldots, 10$;
— tensiunea de consemn se poate modifica în domeniul (160-220) V, corespunzător prescrierii unei tensiuni la borne în gama de(80-110)% din U_n.

I.3.2.2. Blocul de frecvență. Blocul de frecvență are ca mărime de intrare faza tensiunii de la barele de 220 kV, mărimea β_f. Fizic, mărimea de intrare în blocul de frecvență, în concret traductorul de frecvență, este o tensiune cu valoarea proporțională cu derivata $\frac{d\beta}{dt}$. Mărimea de ieșire a traductorului de frecvență, semnalul $u_{\Delta f}$, este transmisă atît canalului abaterii de frecvență, cît și canalului derivatei frecvenței. Curenții $i_{\Delta f}$, respectiv $i_{\Delta f}'$, constituie ieșirile celor două canale.

Referitor la parametrii ce intervin în blocul de frecvență se menționează:
— prin constanta de timp $T\beta$, a modificării fazei tensiunii, s-a modelat faptul că semnalul purtător de informație al mărimii $\frac{d\beta}{dt}$ prezintă, în raport cu faza β_f, un defazaj mai mic decît $\pi/2$ rad;
— cheile de ajustare a amplificărilor și constantelor de timp ale celor două canale de frecvență pot avea, fiecare, cîte 10 poziții distincte, cărora le corespund tot atîtea valori ale coeficienților:

$n_{\Delta f}$ și $n_{\Delta f}'$; $n_{\Delta f} = 1, \ldots, 10$ și $n_{\Delta f}' = 1, \ldots, 10$;

— tensiunea de la ieșirea traductorului de frecvență, $u_{\Delta f}$, este limitată intern la ± 100 V.

I.3.2.3. Blocul curentului rotoric. Blocul curentului rotoric asigură realizarea unei reacții negative elastice după curentul de excitație I_E, ($I_E > 0$). Cheia de ajustare a amplificării și constantei de timp poate ocupa 10 poziții cărora le corespund 10 valori întregi ale coeficientului n_{Irot}; $n_{Irot} = 1, \ldots, 10$. Mărimea de ieșire a canalului derivatei curentului rotoric, respectiv a blocului curentului rotoric, este curentul i_{Irot}.

I.3.2.4. Blocul reacțiilor interne. Blocul reacțiilor interne primește mărimea de intrare de la un divizor de tensiune alimentat de la tensiunea U_{E2}, măsură a tensiunii de excitație U_E, și furnizează la ieșire curenții de reacție rigidă, i_{RIR}, respectiv elastică, i_{RIE}. Rolul celor două reacții interne a fost precizat în paragraful I.2. Cheile corespunzătoare amplificărilor celor două canale, al reacției rigide și al reacției elastice, pot ocupa, fiecare, de asemenea 10 poziții distincte, cărora le corespund valorile întregi $n_{RIR} = 1, \ldots, 10$ și $n_{RIE} = 1, \ldots, 10$.

I.3.2.5. Blocul de comandă. Blocul de comandă este alcătuit dintr-un amplificator sumator, care însumează algebric și ponderat diferitele semnale de reacție furnizate de blocurile reacțiilor externe și ale reacțiilor proprii, și dintr-un bloc de prelucrare dinamică al semnalului sumă i_Σ, cu caracter de element de transfer proporțional de ordinul I. Cheia blocului de comandă-execuție poate ocupa 10 poziții, cărora le corespund 10 valori distincte ale coeficientului n_{RA}; $n_{RA} = 1. \ldots 10$, respectiv 10 valori ale constantei de timp $T_{RA} = 0{,}125 + 0{,}0125 \cdot n_{RA}$, a elementului de transfer menționat. Plaja de variație a mărimii de comandă, tensiunea u_{AF}, este limitată ntern la ± 25 V.

I.3.3. *Blocurile cu acțiune discontinuă*

I.3.3.1. Blocul forțare prin relee. Semnalul pentru forțarea prin relee, i_R, este prevăzut pentru eliminarea influenței negative a semnalelor de reacție la scăderi pronunțate ale tensiunii la borne, de exemplu în momentul declanșării unui scurtcircuit. Acest semnal depășește ca valoare semnalele de pe celelalte canale și se păstrează pe un scurt interval de timp și după revenirea certă a tensiunii la borne la o valoare prestabilită. Partea neliniară a blocului este simbolizată prin două contacte, care își modifică starea instantaneu:
— condiții de acționare: contactele se închid pentru $U < 0{,}85\ U(0)$, ($U(0)$ fiind tensiunea la borne la regimul staționar inițial), cu salt brusc al curentului de forțare i_R la valoarea inițială $i_{R(0)} = 55{,}68$mA; în continuare curentul se modifică în timp conform funcției de transfer a blocului liniar pentru $U_{FR} = 24$ V;
— condiții de repaus: contactele se deschid după 0,15/s din momentul în care $U \geqslant 0\ 85\ U(0)$ și tensiunea se menține în această situație cel puțin 0,15 s.

I.3.3.2. Blocul limitare excitație minimă. Acest bloc intră în funcțiune cînd puterea reactivă Q, de încărcare a grupului, este mai mică sau egală cu 80 MVAr și iese din funcțiune în caz contrar.

După cum modulul puterii reactive, respectiv mărimea I_{r1}, scade sau crește, curentul i_{LEM} va respecta funcția de transfer corespunzătoare blocului superior, respectiv inferior al canalului limitare excitație minimă (fig. I.1), modificîndu-se în timp în mod continuu.

I.3.3.3. Releul de frecvență. Releul de frecvență acționează în cadrul blocului de comandă-execuție, permițînd accesul mărimilor de reacție $i_{\Delta f}$ și $i_{\Delta f}'$ la amplificatorul sumator numai cînd sînt îndeplinite anumite

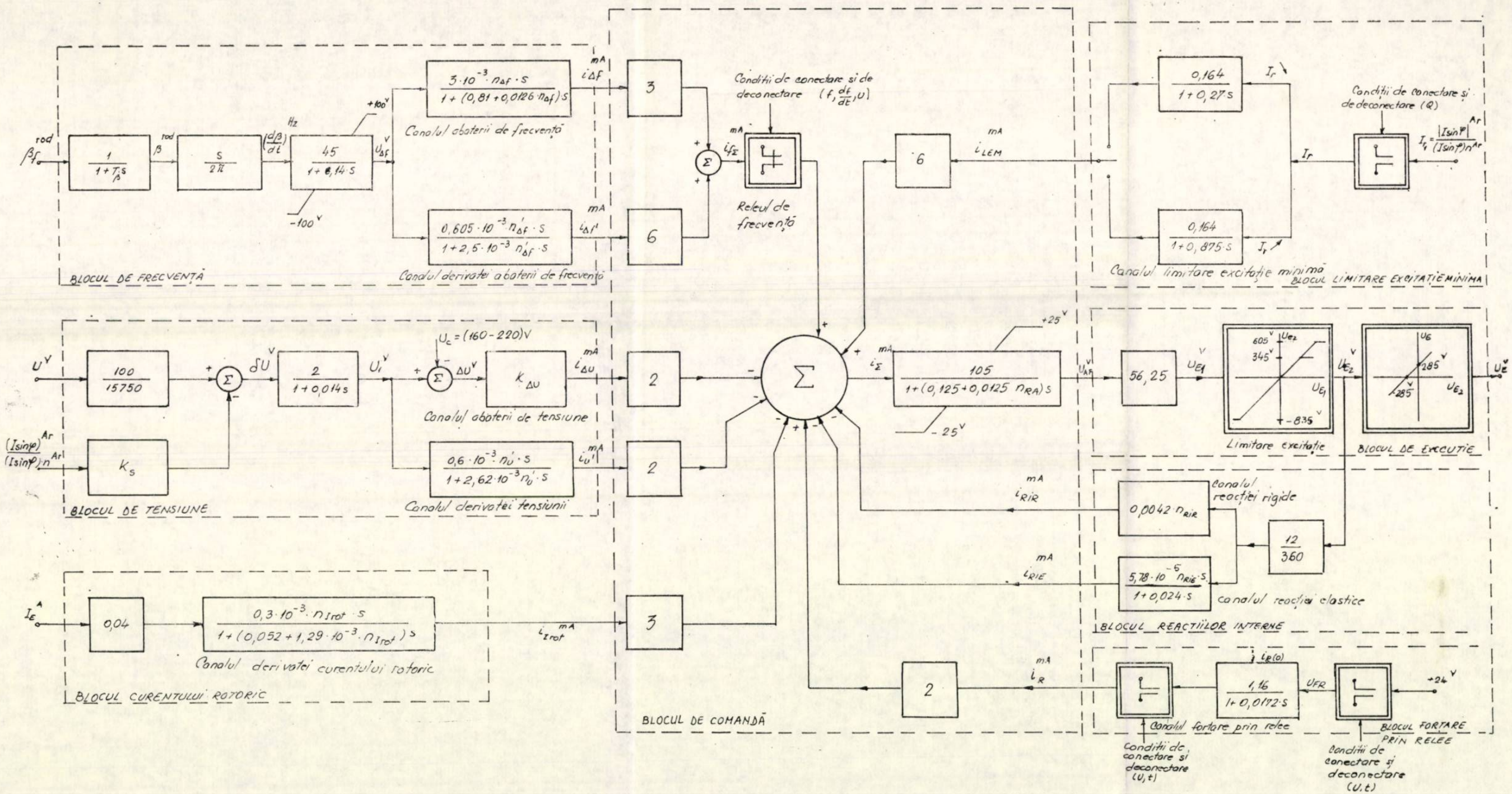


Fig. I.2. Schema bloc **a sistemului** de reglare automată a excitației la grupurile din centrala Porțile de Fier 1.

„condiții de repaus" și întrerupînd accesul celor două mărimi cînd sînt îndeplinite „condițiile de acționare".

Astfel:

— condiții de repaus:

$$f \leqslant 51{,}5 \text{ Hz și } U \leqslant 1{,}12\ U_n$$

sau

$$f \leqslant 51{,}5 \text{ Hz și } \frac{df}{dt} < 3 \text{ Hz.s}^{-1};$$

— condiții de acționare:

$$U \geqslant 1{,}15\ U_n \text{ și } \frac{df}{dt} \geqslant 3 \text{ Hz.s}^{-1}$$

sau

$$U \geqslant 1{,}25\ U_n;$$

— trecerea dintr-o stare în alta se efectuează instantaneu.

La acționarea releului de frecvență, curenții $i_{\Delta f}$ și $i_{\Delta f}'$ se anulează instantaneu; la reconectarea releului curenții se modifică conform funcțiilor de transfer, cu valoare inițială zero.

I.3.3.4. Blocul de execuție. Blocul de execuție este un bloc neliniar avînd în structura sa: un bloc amplificator, un bloc de limitare a tensiunii de excitație și un bloc de adaptare. Ele corespund unui ansamblu de dispozitive și circuite avînd ca elemente principale punțile cu tiristoare destinate funcționării acestuia în regim de forțare a excitației. El are ca mărime de ieșire tensiunea de excitație U_E.

Blocul de limitare a excitației acționează în felul următor:

$U_{E2} = U_{E1}$, pentru $-835 \text{ V} < U_{E1} < 605 \text{ V}$,

$U_{E2} = 605$ V, pentru $U_{E1} \geqslant 605$ V și $I_E < 3400$ A,

$U_{E2} = 345$ V, pentru $I_E \geqslant 3400$ A (indiferent de U_{E1})

$U_{E2} = -835$ V, pentru $U_{E1} \leqslant -835$ V

Blocul de adaptare realizează dependența:

$$U_E^V = U_{E2}^V + 285.$$

I.4. Comportarea SRAE în regim staționar

Comportarea SRAE în regim staționar rezultă prin particularizarea schemei bloc din figura. I.1. pentru acest regim. Astfel, avînd în vedere că în regim staționar:

— ieșirile elementelor de transfer derivative, cu sau fără temporizare, sînt nule;

— elementele de transfer proporționale cu temporizare de ordinul I se reduc la elemente proporționale;

— nu acționează nici una dintre limitările de pe calea directă a regulatorului,

rezultă schema din figura I.2. Conform acesteia, în regim staționar valoarea mărimii de ieșire a SRAE este dependentă numai de tensiunea generatorului, de curentul reactiv al generatorului și de tensiunea de consemn, dependența intrare-ieșire avînd aspectul:

$$U_E^V = 285 + \frac{5906{,}25}{1 + 0{,}826875\ n_{RIR}} \cdot$$

$$\left[-\frac{8K_{\Delta U}}{315} U^V + \frac{4K_s\ K_{\Delta U}}{(I \sin \varphi)_n} (I \sin \varphi)^{Ar} + \right.$$

$$\left. + \frac{0{,}964 \cdot K_{LEM}}{(I \sin \varphi)_n} |I \sin \varphi|^{Ar} + 2.K_{\Delta U} \cdot U_c^V \right] \quad (I.1)$$

In relația (I.1), atunci cînd $Q > -80$ MVAr, $K_{LEM} = 1$, iar cînd $Q \leqslant -80$ MVAr, $K_{LEM} = 0$. Relația (I.1) cu $K_{LEM} = 0$ este valabilă și în cazul cînd canalul de limitare a excitației minime este deconectat.

Pentru $K_s = 0$, se obține din (I.1) relația particulară corespunzătoare cazului cînd se omite compoundarea.

Din relația (I.1) rezultă că, la curent reactiv constant și la tensiunea de consemn constantă, mici variații ale tensiunii U, ΔU, se soldează cu mici variații ale tensiunii de excitație U_E, ΔU_E, corespunzător relației:

$$U_E^V = -\frac{150 \cdot K_{\Delta U}}{1 + 0{,}826875\ n_{RIR}} \Delta U^V. \quad (I.2)$$

I.5. Tensiunea de consemn și factorul de amplificare ale SRAE

Relația (I.1) permite determinarea valorii tensiunii de consemn U_c pentru orice regim staționar dat, bine precizat prin tripletul de valori staționare $\{U_{(0)}, (I \sin \varphi)_{(0)}, U_E\}$. Rezultă:

$$U_c^V = \frac{(U_{E(0)}^V - 285)(1 + 0{,}826875\ n_{RIR})}{11812{,}5\ K_{\Delta U}} +$$

$$+ \frac{4}{135} U_{(0)}^V - \frac{2\ K_s}{(I \sin \varphi)_n^{Ar}} \cdot (I \sin \varphi)_{(0)}^{Ar} -$$

$$- \frac{0{,}482 \cdot K_Q}{K_{\Delta U} \cdot (I \sin \varphi)_n^{Ar}} \left| (I \sin \varphi) \right|_{(0)}^{Ar}, \quad (I.3)$$

relație în care K_{LEM} se tratează la fel ca și în relația (I.1). Se precizează că:

$$(I \sin \varphi)_n = 3036 \text{ Ar}. \quad (I.4)$$

Prin definiție, factorul de amplificare al SRAE reprezintă coeficientul de transfer de pe canalul principal al regulatorului, adică coeficientul tensiunii U din relația (I.1) sau

Tabelul 1

Valorile factorului de amplificare al SRAE, exprimate în unităţi absolute şi în unităţi relative nominale, în funcţie de valorile coeficienţilor $K_{\Delta U}$ şi n_{RIR}

$K_{\Delta U}$ \ n_{RIR}		0(= reacţie rigidă deconectată)		5		10	
Poz.	Valoarea K_{SRAE}	K_{SRAE}/u.a./	K_{SRAErn}/u.r.n./	K_{SRAE}/u.a./	K_{SRAErn}/u.r.n./	K_{SRAE}/u.a./	K_{SRAErn}/u.r.n./
50	0,04075	6112,5	256,7	1190,5	50,03	660,0	27,7
25	0,02325	3487,5	146,47	679,6	28,50	376,5	15,8
15	0,01	1500,0	63,00	292,3	12,27	162,0	6,8

Observaţii: /u.a./ $= \left[\frac{\text{V excitaţie}}{\text{kV borne}}\right]$; /u.r.n./ $= \left[\frac{\text{u.r.n. excitaţie}}{\text{u.r.n. borne}}\right]$

al variaţiei U din relaţia (I. 2) cu semn schimbat. Astfel:

— în unităţi absolute:

$$K_{SRAE} = \frac{\Delta U_E}{-\Delta U} = \frac{150\ K_{\Delta U}}{1 + 0{,}826875 \cdot n_{RIR}} \cdot$$

$$\cdot \left[\frac{V_{excitaţie}}{V_{borne}}\right] = \frac{150000 \cdot K_{\Delta U}}{1 + 0{,}826875 \cdot n_{RIR}} \left[\frac{V_{excitaţie}}{kV_{borne}}\right]; \quad \text{(I.5}$$

— în unităţi relative nominale:

$$K_{SRAE_{rn}} = \frac{\frac{\Delta U_E}{U_{En}}}{\frac{-\Delta U}{U_n}} = K_{SRAE} \cdot \frac{U_n}{U_{En}} \cdot \quad \text{(I.6)}$$

Avînd în vedere relaţia (I.5) şi mărimile nominale prezentate în paragraful I.2, rezultă:

$$K_{SRAE_{rn}} = \frac{6300 \cdot K_{\Delta U}}{1 + 0{,}826875 \cdot n_{RIR}} \cdot$$

$$\cdot \left[\frac{\text{u.r.n. excitaţie}}{\text{u.r.n. borne}}\right]. \quad \text{(I.7)}$$

In tabelul I.1 se prezintă valorile factorului de amplificare al SRAE în unităţi absolute şi în unităţi relative nominale, pentru cele trei valori ale lui $K_{\Delta U}$ şi pentru trei valori ale coeficientului n_{RIR}.

I.6. Concluzii

In prima parte a lucrării s-a prezentat structura SRAE cu care sînt echipate generatoarele din centrala Porţile de Fier 1 şi schema bloc aferentă. Valorile numerice ale mărimilor care intervin s-au determinat prin identificarea parametrică experimentală. Pe baza rezultatelor obţinute se determină modelul matematic care descrie comportarea acestui tip de SRAE cu acţiune intensivă, încadrat în ansamblul sistemului electroenergetic.

Bibliografie

[1] Cristea, H., Fecioru, I. Nichita, N., Dragomir, T., Preitl, Şt., Mătăsariu, P.: *Structura sistemelor de reglare a tensiunii aferente centralelor din zonă.* Contract de cercetare ştiinţifică IPTVT PdF, Nr. 33/78: Criterii îmbunătăţite privind reglajul tensiunii şi puterii reactive în sistemul electroenergetic, cu aplicaţii concrete la îmbunătăţirea reglajului de tensiune în nodul Porţile de Fier, Faza I, 1978, vol. 3.

[2] Cristea, H. şi colectivul, Dragomir, T. şi colectivul: *Identificarea sistemelor de reglare aferente grupurilor din zonă.* Idem, Faza a II-a, 1979, vol. 2.

(Primit la 20 decembrie 1982, acceptat la 8 ianuarie 1983)

Methodology for the Reliability Indeces Calculation for Metrological Products on the Basis of Operation Data

(Condensed from the paper in Romanian)

Tr.-G. Ionescu, D.Sc. Georgeta Cotmeana, Grad. Math.

The approval of measuring devices made in the S.R. of Romania is obtained, according to the legal in force regulations, only after the approval of the model and this approval is provided unless it is proved from a metrological point of view that the model meets certain quality and reliability requirements. The paper presents a methodology for the reliability indeces calculation for measuring devices pending a model approval.

The reliability indeces are to be calculated from operation data obtained on the experimental set undergoing observation and picked out correspondingly.

Two categories of failures are to be considered, i.e. :

— complete failure resulting from the deviations of one or several characteristics exceeding certain specifically indicated limits which causes the total disappearance of the specified function of the device ;

— parametrical failure, by parameter drift, being gradual and partial at the same time, when the measurement error exceeds the limits set by the technical standard of the product.

These two failure categories provide two reliability indeces, from their product resulting the intrinsic reliability of the device, which characterizes its operational behaviour.

The values of the obtained reliability indeces will be compared to the predicted values given by the technical branch standard and in case of the differences between the two values are quite big the causes which led to these results are to be analysed and the designer must take corresponding product quality improvement measures before the product is put to model approval pending and previous to its series production.

The technical norm documentation of the product must contain following information regarding reliability prescriptions :

— the product's function ;

— the failure criteria leading to reliability performances standardization ;

— the trust level for the determination and expression of reliability indeces ;

— the mean time between failures repartition law ;

— the average operation stress level ;

— the adopted testing plan ;

— the adopted testing methodology.

The operation data processing algorithm has been divided in two sections, i.e. : one for total failure and one for parametrical failure, admitting with a sufficient approximation that parametric and complete failures are independent.

The calculation algorithm for complete failure. For the reliability calculation for complete failure it is considered that the products are equivalent to a simply repairable item.

The procedure for the estimation of the parameters of the continuous operation time distribution law is the following :

— during the first stage the continuous operation time duration of the tested devices is ordinated in group intervals, intervals defined on the operation hours values variation range, so that the data regarding the multitude of statistical units can be orderly condensed. In the case of equal grouping intervals their size can be determined by the following approximation formula (H.A. Sturges) [2] :

$$a = \frac{t_{max} - t_{min}}{1 + 3{,}322 \lg N},$$

where a is the interval size, t_{max} and t_{min} are the maximum and minimum values of the time interval it takes the variable random values t, while N is the number of observed devices.

— the relative failures frequency (f_r) is determined for every reliability class by means of equation :

$$f_r = \frac{f_a}{N + 1},$$

where f_a is the number of faults observed for every reliability class, i.e. the absolute failure frequency, N is the number of devices tested.

— by means of the relative frequency f_r the empiric distribution function $G(t)$ of the good operation time is determined with relation :

$$G(t) = \sum_{i=1}^{k} f_{r_i},$$

where k is the reliability class number.

— for the calculation of the adopted theoretical repartition function $F(t)$ the relation :

$$F(t) = 1 - e^{-t/\theta},$$

is used for a calculated θ and for continuous operation time variation intervals t.

For this, the value of parameter θ (the mean time between failures — $MTBF$) is estimated with relation :

$$\hat{\theta} = MTBF = \frac{1}{r} \sum_{i=1}^{r} t_{f_i},$$

where t_f are the continuous operation time durations and r is the number of failures.

— the failure intensity (the failure rate) $\hat{\lambda}$ is calculated as follows :

$$\hat{\lambda} = \frac{1}{\hat{\theta}} \quad [h^{-1}]$$

In order to check the compatibility between the chosen repartition function and the function obtained from the observation results, $G(t)$ is compared to $F(t)$ for every reliability class as such. If the differences between the two values are small for a given trust level, it is considered that the hypothesis on the exponential repartition law is correct ; for the other case another hypothesis on the repartition law will be adopted.

— the reliability function $R'(t)$ is given in the form of a positive number between 0 and 1 is calculated with relation :

$$R'(t) = 1 - F(t) = e^{-\lambda t}.$$

The parameter λ is estimated for truncated tests but the faulty devices are not replaced by operational ones, according to relation :

$$\hat{\lambda} = \frac{r}{\sum_{i=1}^{r} t_{f_i} + (N - r)T},$$

with the limits :

$$\begin{cases} \hat{\lambda}_{sup} = \dfrac{1}{2r} \chi^2_{1-\alpha_2}(2r)\, \hat{\lambda}, \\ \hat{\lambda}_{inf} = \dfrac{1}{2r} \chi^2_{\alpha_1}(2r)\, \hat{\lambda}, \end{cases}$$

where T is the observation period.

The values of χ^2 function of α (the estimation degree) and of the number of failures r are given in the Romanian standard STAS 2631/72.

The repairment intensity (the repairment rate) μ is calculated thus :

$$\hat{\mu} = \frac{1}{MTR} = \frac{m}{\sum_{i=1}^{m} t_{d_i}} \quad [h^{-1}],$$

where MTR is the mean time of repair, t_d are the device repairment times (the product failure time), while m is the number of repairment (failure) periods during the observation interval.

The calculation algorithm for parametrical failures. The parameters checking during the testing programme must reveal for every checked parameter and device and direction (increasing and/or decreasing) the respective failures. The treatment of errors can be considered as a stochastic process. If a range of values of this process (a number of error curves) is registered for every one of the tested devices, process analoguous to those describing random phenomena can be obtained, i.e. :

$m_E(X_j)$ — the arithmetic mean of the process, function of the measured device, measure of the justice errors, in a certain section X_j of the process ;

$\sigma_E(X_j)$ — the average square process deviation, measure of the fidelity errors.

For this, it is necessar to establish a number m of sections (tested reference marks) and a number n of testing repetitions of each reference mark. It is mentioned that $m_E(X_j)$ as well as the repartition function surrounding the random errors $f_{X_j}(E)$ cumulate the testing results obtained from all the devices observed.

Checking every one of the N devices selected for testing for a certain operation time i, in K sections, some d times, practically there results an average errors matrix. For every testing stage, for the entire tested devices lot, a general errors matrix will be set up which will leave k columns (tested reference marks) and N lines (tested devices).

From the data registered in the centralized matrices the repartition parameters are determined, thus :

— the arithmetic mean of the lot $\hat{M}_j$, for every section j, calculated with relation :

$$\hat{M}_j = \frac{\sum_{i=1}^{N} E_{ij}}{N},$$

— the average square errors durations on the lot $\hat{\sigma}_j$, for each section j, calculated with relation :

$$\sigma_j = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N} (E_{ij} - M_j)^2}{N-1}};$$

— the faulty fraction for every section (the percentage of devices with metrological failures) F_j.

The determination of the faulty fraction of the lot can be performed by the graphical-analytical method using probability networks, or analytically

In the first case the error hulls of the tested devices are traced on a Gaussian-type probability network and the faulty fraction is determined at the intersections of these hulls with the tolerated limits for the checked parameters.

In the second case the faulty fraction is determined by the numerical integration of the relation :

$$F(u) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{+\infty} \exp\left[-\frac{u^2}{2}\right] du.$$

The reliability function $R''(t)$ will be given by the relation :

$$R''(t) = \exp\left[-\frac{t}{\hat{\eta}}\right],$$

for the exponential repartition.

After the determination of those two values for the reliability $R'(t)$ and $R''(t)$, the intrinsic reliability of the device $R(t)$ will be calculated with relation :

$$R(t) = R'(t) \cdot R''(t).$$

Metodologie privind calculul indicatorilor de fiabilitate la produsele metrologice, pe baza datelor din exploatare

Dr. ing. Tr.-G. Ionescu, mat. Georgeta Cotmeana*)

Considerații generale

Promovarea progresului tehnic impune cu necesitate realizarea unor produse a căror calitate să fie din ce în ce mai ridicată, care să răspundă nevoilor mereu crescînde ale societății. Această cerință pune și în fața producătorilor de mijloace de măsurare, sarcini deosebit de importante, legate, pe de o parte, de asimilarea cît mai rapidă a unui volum ridicat de noi tipuri de aparate, iar pe de altă parte de asigurarea unui nivel corespunzător al calității acestora.

În acest sens, potrivit reglementărilor legale în vigoare, omologarea mijloacelor de măsurare produse în R.S.R. se face numai după obținerea aprobării de model, iar aceasta se acordă numai dacă se atestă din punct de vedere metrologic că produsul respectiv întrunește anumite condiții de calitate și fiabilitate. Așadar, sub incidența acestei legi, ca și a celorlalte acte normative conexe, producătorii de mijloace de măsurare trebuie să răspundă unor cerințe deosebite în ceea ce privește asimilarea și producerea acestora.

În cele ce urmează se prezintă o metodologie privind calculul indicatorilor de fiabilitate la mijloacele de măsurare pentru care se solicită aprobare de model în fazele de omologare a prototipului sau seriei zero, respectiv, în situațiile în care se solicită reconfirmarea aprobării de model.

*) Dr. ing. Traian-G. Ionescu este cercetător științific principal gr. II la ICEMENERG, iar mat. Georgeta Cotmeana este cercetător științific principal gr. III, la același institut.

La fiabilitatea metrologică observată, valorile indicatorilor garantate de producător, se obţin pe baza unor încercări de determinare efectuate în laborator sau prin urmărirea comportării în exploatare sub formă de valori punctuale. Cea de a doua cale de determinare va fi utilizată în metodologia ce se va prezenta.

1. Conţinutul documentaţiei de produs la capitolul de fiabilitate

Fiabilitatea este aptitudinea unui dispozitiv de a-şi îndeplini funcţia specificată, în condiţii date şi de-a lungul unei durate date, şi se exprimă, din punct de vedere cantitativ, printr-un set de indicatori.

Indicatorii de fiabilitate se pot calcula din datele culese din exploatare pe lotul experimental supus observaţiei şi stabilit în mod corespunzător.

Defectarea unui produs metrologic poate avea loc în mai multe moduri, o clasificare a acestora în raport cu cauzele fiind următoarea:

— defectare datorită utilizării necorespunzătoare;

— defectare inerentă cauzată de slăbiciuni proprii dispozitivului (vicii ascunse de proiectare, execuţie, montaj etc.);

— defectare datorită uzurii.

Din punctul de vedere al vitezei de apariţie a defectelor putem avea defectare bruscă sau progresivă, iar din punctul de vedere al nivelului de defectare — defectare parţială sau defectare totală etc.

În cele ce urmează vom considera numai două categorii de defecte şi anume;

— defectare totală, care rezultă din deviaţiile uneia sau mai multor caracteristici peste anumite limite, special indicate, şi care provoacă dispariţia totală a funcţiei specificate a dispozitivului;

— defectare de natură parametrică prin derivă de parametru, care este în acelaşi timp progresivă şi parţială, cînd eroarea de măsurare depăşeşte limitele prevăzute în norma tehnică a produsului.

Pentru caracterizarea calităţii metrologice a majorităţii mijloacelor de măsurat se foloseşte eroarea de clasă, care se obţine ca raportul dintre eroarea absolută maximă determinată pe întregul interval de măsurare şi intervalul lui de măsurare. Ieşirea din eroarea de clasă a unui dispozitiv constituie, de exemplu, un defect metrologic.

Din cele două categorii de defecte se obţin doi indicatori de fiabilitate, din produsul cărora rezultă fiabilitatea intrinsecă a produsului. Fiabilitatea intrinsecă caracterizează funcţionarea aparatului în exploatare.

Valorile indicatorilor de fiabilitate obţinute pe baza datelor din exploatare asupra lotului experimental de aparate supus observaţiei se vor compara cu valorile indicatorilor de fiabilitate prevăzuţi în norma tehnică de ramură ai acestuia.

În cazul apariţiei unor diferenţe mari între cele două valori se vor analiza cauzele care au dus la aceste rezultate şi se vor lua măsuri corespunzătoare de îmbunătăţire a calităţii produsului de către elaborator, înainte ca acesta să fie trimis aprobării de model şi introducerii lui în fabricaţie de serie.

Stabilirea şi demonstrarea performanţelor de fiabilitate metrologică sînt obligatorii în cadrul încercărilor metrologice de stat, avînd drept scop caracterizarea mijloacelor de măsurare din punctul de vedere al fiabilităţii în condiţiile de utilizare stabilite prin documentaţiile tehnico-economice ale acestora.

În ceea ce priveşte prescripţiile de fiabilitate documentaţia tehnico-normativă de produs trebuie să cuprindă următoarele informaţii:

a) funcţia îndeplinită de produs;

b) criteriile de defectare pe baza cărora se normează performanţele de fiabilitate;

c) etapa de condiţionare. Inainte de începerea probelor de fiabilitate produsele se vor supune la o probă de condiţionare (asimilabilă unui rodaj), stabilindu-se un număr de ore de funcţionare, pentru depistarea defectelor incipiente, după care aparatele se vor aduce la parametrii prevăzuţi în caietul de sarcini sau în norma tehnică de ramură. Pentru produsele la care se prevede etapa de condiţionare, perioada de timp pentru care se normează indicatorii de fiabilitate începe cu perioada de maturitate;

d) nivelul de încredere cu care se determină şi se exprimă indicatorii de fiabilitate. In cazul mijloacelor de măsurare valoarea minimă admisă pentru acesta este de $p^{\star} = 0{,}8$. Se menţionează că această limită se consideră ca optimă şi a fost determinată de o serie de criterii tehnico-economice;

e) legea de repartiţie a timpului de bună funcţionare. Se menţionează că la produsele electronice se consideră că repartiţia timpului de bună funcţionare se face după o lege exponenţială;

f) nivelul mediu de solicitare în exploatare. Cunoaşterea lui permite evaluarea corectă a dimensiunilor temporale ale performanţelor de fiabilitate şi stabileşte condiţiile standard pentru care sînt normate şi faţă de care trebuie demonstrate aceste performanţe. Aceasta se va exprima, de regulă, în: număr mediu de încercări/oră, număr mediu de ore de funcţionare/(zi şi an) etc.;

g) planul de încercare adoptat. Determinarea indicatorilor de fiabilitate asupra eşantionului supus observaţiei se efectuează utilizînd un plan trunchiat de încercări, cînd obser-

vațiile se încheie după un timp stabilit inițial sau cu repararea aparatelor defecte și mărirea lotului inițial;

h) metodologia de încercare adoptată, în care trebuie să se prevadă:

— volumul eșantionului (numărul de produse supuse observației);

— durata integrală a încercărilor care se va alege din șirul valorilor lui t: 200 (250), 400, 500, 600, 700, 800, 900, 1000 ore și valori superioare menținînd o rată de 250 ore;

— programul de urmărire a comportării în exploatare cu specificarea următoarelor elemente: descrierea organizării și desfășurării programului, prezentarea fișei de urmărire în exploatare conform anexei 1, periodicitatea sau momentul la care se efectuează verificarea parametrilor controlați, în baza cărora s-au stabilit criteriile de defectare etc.

2. Algoritmul de prelucrare a datelor rezultate din experimentare

Algoritmul de prelucrare a datelor obținute din exploatare la un produs metrologic s-a subîmpărțit în două și anume: unul pentru defectările totale și altul pentru defectările parametrice, admițîndu-se, cu suficientă aproximație, că defecțiunile parametrice și cele totale au un caracter independent.

Fiabilitatea intrinsecă a produsului $R(t)$ va fi calculată în baza relației:

$$R(t) = R'(t) \cdot R''(t),$$

unde:

$R'(t)$ reprezintă fiabilitatea calculată în funcție de apariția defecțiunilor totale;

$R''(t)$ — fiabilitatea calculată la apariția defecțiunilor de natură parametrică.

Algoritmul de calcul pentru defectări totale. Pentru calculul fiabilității la defecte totale se consideră că produsele sînt echivalente cu un element simplu reparabil.

Pentru estimarea parametrilor legii de distribuție a timpului de funcționare neîntreruptă se procedează în următorul mod:

— În prima etapă, se ordonează duratele timpilor de funcționare ai produselor supuse observației, în intervale de grupare, intervale definite pe domeniul de variație a valorilor orelor de funcționare, în scopul de a condensa ordonat datele privind mulțimea unităților statistice. În cazul intervalelor de grupare egale, determinarea mărimii acestora se poate face după următoarea formulă de aproximare (H.A. Sturges) [2]:

$$a = \frac{t_{max} - t_{min}}{1 + 3{,}322 \lg N},$$

în care:

a este mărimea intervalului;

t_{max} și t_{min} — valorile maxime și minime ale intervalului de timp în care ia valori variabila aleatoare t;

N — numărul de produse supuse observației.

Formula este aplicabilă numai dacă în interiorul aceluiași interval valorile sînt uniform repartizate.

Limitele intervalului de grupare sînt numerele între care sînt cuprinse valorile observate, aparținînd unei clase date. Se recomandă ca limitele să facă parte din clasa respectivă.

— Pentru fiecare interval de grupare se determină frecvența relativă a defectărilor (f_r) cu ajutorul relației:

$$f_r = \frac{f_a}{N + 1},$$

în care:

f_a este numărul defectelor observate în fiecare interval de grupare, respectiv frecvența absolută a defectărilor;

N — numărul de produse supuse observației.

— Cu ajutorul frecvenței relative f_r, se determină funcția de distribuție empirică $G(t)$ a timpilor de bună funcționare, necesară verificării ipotezei asupra legii de distribuție adoptată.

Funcția empirică $G(t)$ se determină prin cumularea frecvențelor relative,

$$G(t) = \sum_{i=1}^{k} f_{r_i},$$

în care k este numărul intervalelor de grupare.

— Pentru calcularea funcției de repartiție teoretice adoptate $F(t)$ (funcția exponențială), se folosește relația:

$$F(t) = 1 - e^{-\frac{t}{\theta}}$$

pentru un θ calculat și pentru intervalele de variație ale timpilor de funcționare neîntreruptă t.

Pentru aceasta se estimează valoarea parametrului θ (media timpului de bună funcționare — $MTBF$), pe baza duratelor timpilor de funcționare neîntreruptă t_f și a numărului defectărilor r, astfel:

$$\hat{\theta}^{*)} = MTBF = \frac{1}{r} \sum_{i=1}^{r} t_{f_i} \text{ [h]}.$$

— Intensitatea de defectare (rata defectărilor) se calculează cu relație:

$$\hat{\lambda} = \frac{1}{\hat{\theta}} \quad [\text{h}^{-1}].$$

*) Simbolul $\hat{\theta}$ reprezintă evaluarea pe baza datelor înregistrate a valorilor tipice necunoscute.

Pentru a verifica dacă funcția de repartiție aleasă este conformă cu funcția obținută din rezultatele observației, se compară $G(t)$ cu $F(t)$, pentru fiecare interval de grupare în parte.

Dacă diferențele sînt mici între cele două valori, pentru un nivel de încredere dat se consideră că ipoteza asupra legii de repartiție exponențială este corectă. În caz contrar se va adapta o altă ipoteză asupra legii de repartiție.

— Probabilitatea ca un produs să fie în stare de bună funcționare un anumit interval de timp T este:

$$R'(t) = P\ (T > t),$$

adică, probabilitatea evenimentului ca timpul T de bună funcționare al produsului să fie mai mare decît un număr oarecare t.

Fiabilitatea se află, față de funcția de repartiție, în următoarea relație:

$$R'(t) = 1 - F\ (t) = e^{-\lambda t}.$$

Fiabilitatea $R'(t)$ este dată sub forma unui număr pozitiv, cuprins între 0 și 1.

— Parametrul λ se estimează pentru încercările trunchiate, fără ca exemplarele defecte să fie înlocuite cu altele în stare de funcționare, conform relației:

$$\hat{\lambda} = \frac{r}{\sum_{i=1}^{r} t_{f_i} + (N - r)T},$$

cu limitele

$$\begin{cases} \hat{\lambda}_{sup} = \dfrac{1}{2r} \chi^2_{1-\alpha_2}\ (2r)\, \hat{\lambda}, \\ \hat{\lambda}_{inf} = \dfrac{1}{2r} \chi^2_{\alpha_1}(2r)\, \hat{\lambda}, \end{cases}$$

unde:

T este perioada de observație;

N — numărul de produse supuse observației;

r — numărul defectărilor;

$\hat{\lambda}_{sup}$, $\hat{\lambda}_{inf}$ — mărimi (inferior, respectiv superior) care depind de numărul defectărilor r și de gradul de estimare α;

$$\frac{\alpha}{2} = \alpha_1 = \alpha_2 \text{ (risc centrat)}.$$

Valorile lui χ^2 în funcție de α și de numărul de defectări r sînt tabelate în STAS 2631/72.

Indicatorii cei mai des utilizați prin care se exprimă mentenabilitatea și disponibilitatea unui produs sînt următorii:

— Media timpului de reparare MTR:

$$MTR = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^{m} t_{d_i}\ \text{[h]},$$

unde:

t_{d_i} sînt timpii de reparare ai produsului (timpii cît un produs este defect), incluzînd și timpii de stagnare înainte de reparație și de verificare după reparație;

m — numărul perioadelor de reparare (defectare) în intervalul de observație.

Intensitatea de reparare $\hat{\mu}$ se calculează astfel:

$$\hat{\mu} = \frac{1}{MTR} = \frac{m}{\sum_{i=1}^{m} t_{d_i}}\ [\text{h}^{-1}].$$

— Coeficientul de disponibilitate A:

$$A = \frac{MTBF}{MTBF + MTR},$$

A fiind un număr subunitar.

Pe baza indicatorilor prezentați mai sus se mai pot determina și alți indicatori de fiabilitate, cum ar fi:

— probabilitatea staționară de funcționare neîntreruptă:

$$\hat{p} = \frac{\hat{\mu}}{\hat{\lambda} + \hat{\mu}};$$

— probabilitatea staționară de defectare:

$$\hat{q} = 1 - \hat{p} = \frac{\hat{\lambda}}{\hat{\lambda} + \hat{\mu}};$$

— durata medie totală de funcționare într-un interval de timp (0, T): $M[\alpha(t)] = \dfrac{\hat{\mu}}{\hat{\lambda} + \hat{\mu}} T$ [h];

— durata medie totală de defect (de întrerupere), într-un interval de timp (0,T):

$$M\,[\beta(t)] = \frac{\hat{\lambda}}{\hat{\lambda} + \hat{\mu}} T\ \text{[h]}.$$

— Durata de serviciu D_s în ore, reprezintă timpul calendaristic de exploatare a produsului pînă la starea limită stabilită, din condiții de securitate (după valorile limită admise pentru parametrii tehnici și economici), durată prevăzută în normative.

În cazul defectărilor totale este necesar să se calculeze în final, valoarea fiabilității pentru anumite valori ale lui t, respectiv $R'(t)$.

Algoritmul de calcul pentru defectări parametrice. În cadrul verificărilor parametrice în cadrul programului de încercări, trebuie date pentru fiecare parametru controlat și pentru fiecare aparat și sens (crescător și/sau

descrescător) de verificare a erorilor respective. Tratarea erorilor se poate considera ca un proces stochastic. Dacă se înregistrează un șir de valori ale acestui proces (un număr de curbe de erori) pentru fiecare din aparatele care constituie selecția supusă încercărilor, se pot obține estimații procesuale ale unor familii de caracteristici statistice analoage celor care descriu fenomenele aleatorii, și anume:

$m_E(X_j)$ — media artimetică a procesului, funcție de valoarea măsurandului, măsură a erorilor de justețe, într-o anumită secțiune X_j a procesului;

$\sigma_E(X_j)$ — abaterea medie pătratică a prosului, funcție de valoarea măsurandului, măsură a erorilor de fidelitate, pentru o anumită secțiune X_j a procesului.

Se menționează că atît $m_E(X_j)$, cît și funcția de repartiție ce înfășoară erorile aleatorii $f_{xj}(E)$, cumulează rezultatele verificărilor obținute de la toate aparatele supuse observației.

Practic, verificînd fiecare din cele N aparate care compun selecția supusă încercărilor la un anumit timp i de funcționare în K secțiuni, de cîte d ori, rezultă cîte o matrice de erori medii.

Pentru fiecare etapă de verificări, pentru întreg lotul de aparate supus încercărilor, se va întocmi o matrice generală de erori, care va avea k linii (repere verificate) și N coloane (aparate verificate). În tabelul 1 este dat centralizatorul valorilor medii pe aparate și secțiuni. Valorile din tabel sînt de tipul E_{ij}, care reprezintă eroarea medie a aparatului i în secțiunea j, pentru verificarea în sens crescător și/sau descrescător.

Pentru determinarea fracțiunii defecte (procentajul cumulat de defecte), în cadrul fiecărei etape de verificare (pentru fiecare timp stabilit din cadrul duratei încercărilor), se consideră repartiția erorilor aparatelor într-o secțiune, de tip normal.

Din datele înregistrate în matricele centralizatoare se determină parametrii repartiției, astfel:

— Media aritmetică a erorilor pe lot $\hat{M}_j$, pentru fiecare secțiune j, calculată cu relația:

$$\hat{M}_j = \frac{\sum_{i=1}^{N} E_{ij}}{N}.$$

— Abaterea medie pătratică a erorilor pe lot $\hat{\sigma}_j$, pentru fiecare secțiune j, calculată cu relația:

$$\hat{\sigma}_j = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N} (E_{ij} - \hat{M}_j)^2}{N-1}}.$$

Tabelul 1

Centralizator al valorilor medii pe aparate și secțiuni

Aparatul / Secțiunea	M_1	M_2	M_3	M_j	...	M_N
X_1	E_{11}	E_{21}	E_{31}	E_{j1}	...	E_{N1}
X_2	E_{12}	E_{22}	E_{32}	E_{j2}	...	E_{N2}
X_3	E_{13}	E_{23}	E_{33}	E_{j3}	...	E_{N3}
. . .						
X_j	E_{1j}	E_{2j}	E_{3j}	E_{jj}	...	E_{Nj}
. . .						
X_k	E_{1k}	E_{2k}	E_{3k}	E_{jk}	..	E_{Nk}

— Fracțiunea defectă pentru fiecare secțiune (procentul de aparate care prezintă defecte metrologice) F_j.

Determinarea fracțiunii defecte din lot se poate face prin metoda grafo-analitică, utilizînd rețelele de probabilitate, sau analitic.

In primul caz, se trasează dreptele înfășurătoare ale erorilor aparatelor supuse observației pe o rețea de probabilitate tip gaussian, iar fracțiunea defectă se determină la intersecția acestor drepte cu limitele tolerate pentru parametrii controlați.

Determinarea se face pentru fiecare secțiune și pentru diversele valori ale lui t.

În cel de-al doilea caz, fracțiunea defectă se determină prin integrarea numerică a relației:

$$\begin{cases} F_{inf}(u) = \dfrac{1}{\sqrt{2\pi}} \displaystyle\int_{-\infty}^{u_i} \exp\left[-\frac{u^2}{2}\right] du; \\ F_{sup}(u) = \dfrac{1}{\sqrt{2\pi}} \displaystyle\int_{u_s}^{+\infty} \exp\left[-\frac{u^2}{2}\right] du. \end{cases}$$

Practic se utilizează valorile tabelate ale funcției LAPLACE pentru repartiția normală $N(0,1)$.

Din tabel se determină valorile funcției $F(u)$, care corespund valorilor lui u:

$$u_i = \frac{|L_i - \hat{M}_j|}{\sigma_j}; \quad u_s = \frac{|L_s - \hat{M}_j|}{\sigma_j},$$

unde L_i și L_s sînt limitele inferioară, respectiv superioară, ale erorii tolerate. (Celelalte simboluri au semnificația de mai sus).

Se determină fracțiunea defectă rezultantă pe intervalul de măsurare. În acest scop se determină secțiunea critică pentru fiecare

ANEXA 1

RAPORT DE EXPLOATARE

1 Nr. raport	2 Data raport	3 Denumirea și tipul produsului	4 Serie	5 Numele și adresa utilizatorului	6 Nr. produse considerate	7 Cine a întocmit raportul	8 Mod de funcționare
							Continuu ☐
							Intermitent ☐
							În așteptare ☐
							În depozitare ☐

9 Data punerii în serviciu	10 Data ultimei acțiuni de mentenanță	11 Timp cumulat de funcționare	12 Timp de funcț. de la ultima A.M.	13 Timp cumulat de nefuncționare	14 Instalație în care lucrează	15 Timp de funcț. pe zi (24h).	16 Mediu de funcț.
							Interior ☐
							Exterior ☐
							Coroziv ☐

17 Analiza defecțiunii	18 Manifestarea defecțiunii	19 Acțiunea de remediere
Data defecțiunii		Data remedierii
Natura defecțiunii: Total ☐ / parțială ☐		Felul remedierii: prin înlocuire ☐ / fără înlocuire ☐
Inerentă produsului ☐		Cine a efectuat remedierea
Dat utilizării necoresp. ☐		Timp imobilizare
Provocată de o acțiune de mentenanță externă ☐		Timp lucru activ.
Secundară dat altui aparat ☐		
Dat uzurii ☐		
Sub cercetare ☐		
Necunoscută ☐		

20 Localizarea defecțiunii	
21 Subansamblu defect	22 Elementul component defect

valoare a timpului t, la care s-au efectuat verificări.

Fracțiunea defectă rezultantă, pentru sensul de verificare ales, se determină cu relația:

$$F = F_1 + F_2\sqrt{1 - r_{21}^2} + F_3\sqrt{1 - r_{31}^2} \cdot \sqrt{1 - r_{32}^2} + \cdots$$

unde:

F este fracțiunea defectă rezultantă;

F_1 — fracțiunea defectă în secțiunea critică;

F_2 — fracțiunea defectă în secțiunea următoare, în ordine descrescătoare etc.;

r_{ij} — coeficientul de corelație între secțiunea i și secțiunea j, calculat cu relația:

$$r_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^{N} (E_{ik} - \hat{M}_i)(E_{jk} - \hat{M}_j)}{\sigma_i \cdot \sigma_j (N - 1),}$$

unde N este numărul de aparate ales.

După determinarea fracțiunii defecte rezultante pentru fiecare interval de timp luat în considerație în cadrul programului de încercări, se înfășoară rezultatele obținute pe o rețea de probabilitate pentru identificarea legii de repartiție a timpului de bună funcționare (TBF) și a parametrilor acestuia.

Dacă se construiește funcția de fiabilitate, pe baza determinării grafice directe a valorii fiabilității corespunzătoare unei anumite înfășurătoare, funcția ratei defectărilor poate fi determinată cu relația:

$$\hat{\lambda}(t) = \frac{1}{\Delta t}\left[1 - \frac{\hat{R}''(t + \Delta t)}{\hat{R}''(t)}\right],$$

în care: $\hat{\lambda}(t)$ este estimația punctuală a ratei defectărilor pentru durata t de încercare; $\hat{R}''(t)$, $\hat{R}''(t + \Delta t)$ — estimația punctuală a probabilității de bună funcționare, pentru timpul t, respectiv $t + \Delta t$, și se determină cu relația:

$$\hat{R}''(t) = \exp\left[-\left(\frac{t - \hat{\gamma}}{\hat{\theta}}\right)^{\hat{\beta}}\right],$$

pentru repartiția de tip Weibull;

$$R''(t) = \exp\left[-\frac{t}{\hat{\theta}}\right],$$

pentru repartiția exponențială.

Parametrii repartiției Weibull (γ, θ și β) se pot determina pe bază de date experimentale după defectarea a cel puțin 60% din volumul eșantionului.

Pentru identificarea grafică a acestui tip de repartiție trebuie să se utilizeze hîrtia probabilistică de tip Weibull.

Dacă datele experimentale sînt sensibil orientate după o dreaptă, $\gamma = 0$ și $\beta = 1$, avem de-a face cu o repartiție de tip exponențial, care este un caz particular al repartiției Weibull.

Pentru cazul repartiției exponențiale a timpului de bună funcționare (TBF), se determină rata defectărilor superioare, cu relația:

$$\hat{\lambda}_{sup} = \frac{1}{MTBF_{inf}}.$$

$$R''_{inf}(t) = \exp\,[-\hat{\lambda}_{sup} \cdot t].$$

Funcția de fiabilitate $R''(t)$ va fi dată pentru cel puțin două valori ale timpului t ales din gama de valori specificate.

După determinarea celor două valori $R'(t)$, și $R''(t)$, fiabilitatea intrinsecă $R(t)$ a produsului va fi calculată cu relația:

$$R(t) = R'(t) \cdot R''(t)$$

Bibliografie

[1] Wiener, U.: *Un nou model matematic și algoritm de calcul asociat, pentru studiul fiabilității intrinseci a mijloacelor de măsurat.* În: Metrologia aplicată, București, volumul XXIII, 1976, nr. 3, p. 129—138.

[2] Mihoc, G., Muja, A., Diatcu, E.: *Bazele matematice ale teoriei fiabilității.* Ed. Dacia, Cluj-Napoca, 1976.

[3] Gnedenko, B. V. ș.a.: *Metode matematice în teoria siguranței.* Ed. Tehnică, București, 1968.

[4] Mihoc, G., Ciucu, G., Craiu, V.: *Teoria probabilităților și statistica matematică.* Ed. Didactică și Pedagogică. București, 1970.

(Primit la 7 ianuarie 1983, acceptat la 12 aprilie 1983)

Cronică

Consfătuirea de lucru cu tema „Valorificarea creațiilor științifice și tehnice de vîrf în ramura energiei electrice și termice"

În perioada 25—27 mai 1983 a avut loc la Piatra-Neamț consfătuirea de lucru anuală privind „Valorificarea creațiilor științifice și tehnice de vîrf în ramura energiei electrice și termice". Organizatorii au fost: M.E.E. — Oficiul de stat pentru invenții și mărci, I C C E, IE Bistrița, IRE Bacău și Consiliul județean al sindicatelor din jud. Neamț. Actuala consfătuire a avut și un caracter jubiliar, marcînd centenarul Convenției de la Paris pentru protecția proprietății industriale 1883—1983.

Tematica abordată a fost deosebit de bogată, cele mai interesante și importante probleme fiind :

1. Legea 62/1974 privind invențiile și inovațiile. Dispoziții generale ; Obligațiile unităților :
— invențiile și protecția lor ;
— aplicarea și generalizarea invențiilor în R.S.R. ;
— brevetarea și valorificarea invențiilor românești în alte state și a invențiilor străine în R.S.R. ;
— drepturile și obligațiile inventatorilor și ale titularilor de brevete ;
— soluționarea litigiilor privind invențiile ;
— apărarea secretului de stat privind invențiile ;
— inovații — definiție, autori, drepturi și obligații ;
— atribuții, răspunderi și sancțiuni ;
— dispoziții finale și tranzitorii (prevederi ale Convenției de la Paris conținute în Legea 62/1974).

2. Convenția de la Paris (100 ani de la înființare) ; principii generale ; prevederi în legătură cu invențiile mărcile de fabrică și alte forme de proprietate industrială.

3. Noțiuni privind legea mărcilor de fabrică, de comerț și de serviciu.

4. Categorii de invenții : brevetabile și nebrevetabile ; principale și complementare ; simple și complexe ; de serviciu și libere etc.

5. Constituirea depozitului reglementar al cererii de brevet de invenție. Documentele componente.

6. Structura descrierilor de invenții principale, complementare, simple și complexe.

7. Caracteristicile desenelor și schemelor explicative specifice invențiilor. Lucrare practică individuală : „Redactarea unei descrieri de invenție pornind de la soluții tehnice din domeniul public" (în afara orelor programate).

8. Analiza și aprecierea calitativă a descrierilor de invenții redactate.

9. Noțiuni de clasificare a descrierilor de invenții ; clasificarea internațională a invențiilor, sistem aplicat în prezent pe plan mondial.

10. Valorificarea colecțiilor de descrieri de invenții românești și străine, în scopul documentării cercetării — proiectării.

11. Noțiuni privind cercetarea purității de brevet a produselor, instalațiilor, tehnologiilor etc., de utilitate internă sau/ și destinate exportului.

12. Selecționarea soluțiilor tehnice, cu elemente de originalitate. Surse și criterii de selecționare în scopul protejării lor prin brevete de invenții.

13. Metodologia de rezolvare-caracterizare a invențiilor la Oficiul de Stat pentru Invenții și Mărci.

14. Metodologia de rezolvare a invențiilor și inovațiilor la întreprinderi, centrale industriale, trusturi și institute.

15. Prezentarea de către participanți a unor cazuri concrete sau în curs de rezolvare la unitățile proprii.

16. Prezentarea unor noutăți tehnice realizate în unități.

Dintre referatele mai importante citățm :

— Criza de energie și rolul Convenției de la Paris pentru protecția proprietății industriale în rezolvarea problemelor energetice actuale (dr. ing. C. Mihăileanu, ing. C. Văideanu — ICEMENERG)

— Rolul informării documentare din brevete de invenții în activitatea de cercetare și dezvoltare, realizări și tendințe în țară și peste hotare (ing. I. Marinescu, ing. L. Nemoda — OSIM)

— Sisteme de clasificare a brevetelor de invenții (ing. M. Gheorghiu — OSIM)

— Constituirea depozitului reglementar al cererii de brevet de invenție. Documentele componente (dr. ing. Al. Lorentz — OSIM)

Au fost prezentate, în continuare, referate din partea : M.E.E. — „Metodologie privind introducerea în planurile proprii ale unităților M.E.E. a sarcinilor de cercetare, proiectare, experimentare, aplicare și generalizare a invențiilor" (ing. I. Pănoiu), ICCE — „Documentele pe care trebuie să le conțină o documentație tehnico-economică pentru plata recompensei unei invenții aplicate în economie sau a unei prime pentru o inovație aplicată" (ing. C. Văideanu), C.I.P.E.E.T. (ing. Tokaci), C.I.R.E. (M. Dascălu), IRE Bacău (S. Babuș), IRE Suceava etc. Din referatele prezentate, ca și din numeroasele intervenții ale participanților, au rezultat concluzii deosebit de importante pentru intensificarea valorificării creațiilor științifice și tehnice, proprii și străine, în ramura energiei electrice și termice, din care enumerăm :

1. Intensificarea documentării din descrierile de invenții din colecția națională de descrieri de la OSIM în vederea elaborării de noi soluții privind economisirea combustibilului, reducerea importului, realizarea de materiale noi, mărirea siguranței în funcționare etc.

2. Introducerea în planurile proprii ale unităților M.E.E. în cel mai scurt timp de la desemnarea titularului, conform metodologiei expuse de specialiști la consfătuire și difuzată reprezentanților unităților, a invențiilor și inovațiilor avizate favorabil în vederea realizării și aplicării lor în producție în cel mai scurt timp.

3. Întocmirea de către unitățile M.E.E. a documentațiilor tehnico-economice pentru plata recompenselor și premiilor pentru invenții, respectiv inovații, care sînt aplicate în producție în vederea recuperării rămînerilor în urmă a acestor plăți. Documentațiile vor fi întocmite conform metodologiei prelucrate la consfătuire și listelor de documente pe care trebuie să le conțină aceste documentații, liste difuzate reprezentanților unităților M.E.E. la consfătuire.

Ing. Constantin Văideanu — ICEMENERG

Al VII-lea simpozion "Siguranța în funcționare a instalațiilor energetice"

În zilele de 27—28 iunie a.c. a avut loc la Suceava al VII-lea simpozion „Siguranța în funcționare a instalațiilor energetice", manifestare de tradiție în țara noastră, numărînd două decenii de existență.

Simpozioanele de siguranță, ținute din doi în doi ani în diverse orașe ale țării, au constituit tot atîtea prilejuri de diseminare în cercuri largi de specialiști, din domeniul proiectării, cercetării, învățămîntului și producției, a interesului și preocupărilor pentru siguranța instalațiilor energetice.

Actualul simpozion a fost organizat de CNIT, MEE, ICCE — prin ISPE și ICEMENERG, Facultatea de energetică — I.P.B., IRE Suceava și Consiliul Județean al Sindicatelor Suceava.

Lucrările simpozionului au fost deschise de prof. dr. doc. ing. V.I. Nitu, președintele comisiei de energetică a CNIT, care a subliniat progresele școlii românești de fiabilitate, vizibile de la o etapă la alta, și prestigiul internațional de care se bucură, la cei aproape 30 de ani activitate.

Considerînd direcțiile principale de dezvoltare a energeticii românești, s-a arătat că succesul va depinde hotărîtor de felul în care vor fi soluționate problemele de siguranță în funcționare la instalațiile energetice în general și la centralele nucleare și pe combustibili inferiori în special.

În numele gazdelor, s-a adresat participanților ing. O. Mustață, directorul IRE Suceava.

Lucrările simpozionului au continuat în ședință plenară, după care prezentările de referate și discuțiile s-au desfășurat succesiv în patru grupe.

GRUPA I. Metode și modele de calcul al siguranței în funcționare utilizate în proiectare și exploatare (referatele 7—27)

Raportul de sinteză a fost expus de prof. dr. doc. ing. V. Nitu.

S-au prezentat metode și modele de calcul al siguranței de o mare diversitate : metodele sînt evoluate și permit analiza siguranței instalațiilor energetice în toată complexitatea lor și sub diverse aspecte.

Pentru centralele nucleare au căpătat extindere metodele grafoanalitice, ce combină metoda arborilor de evenimente cu metoda lanțurilor Markov cu timp continuu. Se mai folosesc în combinație, metoda binominală cu metoda lanțurilor Markov cu timp continuu. S-au perfecționat în ultimul timp și tehnicile de lucru cu echivalenți de siguranță complecși.

S-a considerat că există actualmente, în diverse centre din țară, bogate seturi de metode și programe pentru calculul automat al siguranței sistemelor, fiind oportună crearea unui fond comun de programe, pentru o mai bună utilizare a lor.

În schimb s-a apreciat că datele de bază pentru aplicațiile practice ale calculelor de siguranță în energetică sînt încă deficitare și sînt necesare pentru ameliorarea situației anumite acțiuni, printre care :

— îmbunătățirea regulamentului de urmărire și analiză a incidentelor, avariilor și deteriorărilor în instalațiile energetice ;

— creșterea obiectivității și acurateții raportării datelor de comportare din instalații ;

— extinderea utilizării calculatoarelor de proces în gestiunea datelor de comportare a instalațiilor și echipamentelor.

Privitor la performanțele de siguranță ale noilor echipamente, s-a recunoscut că specificarea lor în documentele tehnice normative și în contracte este o problemă complexă și dificilă, care trebuie rezolvată printr-o mai strînsă colaborare între beneficiari și furnizori, iar programele de calitate sînt tot atît de necesare și în cazul echipamentelor destinate centralelor electrice de combustibili inferiori ca și în cazul instalațiilor CNE, unde sînt introduse.

GRUPA a II-a. Măsuri și metode de determinare și ridicare a disponibilității centralelor (referatele 28—33)

Ing. Persida Iancovici a prezentat raportul de sinteză.

În centrul atenției s-a aflat siguranța centralelor electrice pe combustibili inferiori, respectiv caracterizarea, prin indicatori specifici, a siguranței lor în exploatare, nivelul performanțelor realizate și utilizarea datelor de comportare în exploatare, la selecția acțiunilor prioritare pentru creșterea disponibilității. În cazul centralelor Mintia și Oradea s-au prezentat preocupările pentru creșterea siguranței instalațiilor de preparare și alimentare cu cărbune a cazanelor, instalații care au contribuit mult la indisponibilitatea centralelor. S-au evidențiat, de asemenea, preocupările și măsurile speciale luate, pe baza experienței de exploatare, pentru creșterea siguranței în cadrul unor UHE. A reieșit clar că utilizarea rațională a informațiilor privind comportarea în exploatare a instalațiilor de centrale electrice este un factor esențial pentru acțiunile de creștere a siguranței și este deci necesar să se realizeze o mai bună organizare a gestiunii datelor din exploatare, unde posibilitățile metodelor și mijloacelor calculului automat pot fi mai bine folosite decît în prezent.

Au fost abordate și problemele urmăririi în exploatare a marilor baraje, care sînt de o mare complexitate și care beneficiază de mijloace automate de culegere și tratare a datelor. Unele lucrări s-au ocupat de impactul activităților personalului de exploatare și reparații asupra siguranței în funcționare a centralelor electrice, scoțînd în evidență atenția deosebită de care trebuie să se bucure aceste probleme.

GRUPA a III-a. Probleme privind creșterea siguranței SEN în ansamblu (referatele 34—49)

Raportul de sinteză a fost prezentat de ing. Hermina Albert.

Tema extrem de actuală a influenței dezechilibrului între producție și consumul de putere și energie electrică asupra siguranței în funcționare a SEN, a fost abordată mai ales sub aspectul legăturii între anumiți parametrii de calitate ai energiei electrice și acțiunile automaticilor de prevenire și limitare a avariilor (limitări de consumuri pentru refacerea echilibrului, zonare și insularizare de grupuri pe consumuri prioritare, la platforme industriale, în regimuri grele etc.).

S-a insistat asupra aspectelor de modelare a regimurilor normale și de incident, cu dezechilibre de putere. Utilizarea echivalenților REI—DIMO și a altor echivalenți la modelarea schemelor pentru sistemul interconectat, în cazul studiului proceselor dinamice și caracterizării stabilității sistemului, s-a prezentat atît în legătură cu analizele ce se fac în timp real, cît și în afara timpului real, în scopuri legate de programarea funcționării, definirea și precizarea automaticilor și reglajelor lor etc. pentru evitarea regimurilor limită.

Aplicarea automaticilor speciale, concepute pentru asigurarea continuității în alimentarea consumatorilor și pentru reducerea efectelor avariilor, a făcut obiectul mai multor lucrări ; s-au prezentat și rezultatele probelor făcute pentru funcționarea insulară a grupurilor de termoficare în platformele Borzești, Palas, București, care au confirmat eficiența soluțiilor concepute pentru astfel de funcționări.

A fost abordată, de asemenea, perfecționarea echipamentelor și schemelor de protecție și automatizări.

O serie de referate s-au ocupat de noua concepție asupra posibilităților de creștere a siguranței SEN prin implementarea sistemelor de calcul. Supravegherea funcționării stabile a generatoarelor, cu imagini sugestive afișate pe consolă vizuală, realizările și perspectivele implementării sistemelor de calcul în conducerea operativă a energiei electrice, teleconducerea instalațiilor electrice de distribuție și exploatarea unei stații cu personal în tură, au fost subiecte ce au trezit mare interes în rîndul participanților.

Creșterea siguranței SEN, prin realizarea de noi interconexiuni între U.R.S.S. — R.S.R. — R.P.B. la 750 kV, s-a abordat sub aspectul corelării criteriilor de dimensionare a capacității de transport cu cerințele funcționării în paralel a sistemelor și al influenței interconexiunii SEN cu sistemele vecine, asupra nivelului de siguranță în alimentarea consumatorilor.

GRUPA a IV-a. Probleme privind siguranța instalațiilor electrice ale SEN și de alimentare a consumatorilor (referatele 50—66)

Raportul de sinteză a fost prezentat de ing. M. Stein.

Problema raționalizării și simplificării instalațiilor a fost în atenția grupei, subliniindu-se că este necesară o bună corelare între cerințele obiective și reale de siguranță ale consumatorilor și condițiile din rețeaua din care sînt alimentați. Considerîndu-se influența proiectării, construcției și exploatării aupra siguranței, s-a subliniat faptul că posibilitățile de simplificare și ieftinire a instalațiilor și exploatării lor, inclusiv prin eliminarea personalului de exploatare,sînt în strînsă legătură cu asimilarea în fabricație a unui sortiment larg de echipamente îmbunătățite. În fabricația echipamentelor, ieftinirea și reducerea consumurilor de materiale sînt acțiuni ce trebuie corelate cu nivelurile acceptabile de siguranță în funcționare a echipamentelor.S-a arătat, de exemplu, că reducerile exagerate ale consumului de cupru la cablurile de telecomunicații afectează siguranța acestor echipamente de mare importanță pentru siguranța funcționării instalațiilor energetice și SEN.

Și la această grupă s-a ridicat problema îmbunătățirii fișelor de incidente și echipament deteriorat, ca să se poată urmări, de exemplu la cabluri, și influența vîrstei asupra comportării.

Privitor la stațiile și liniile electrice de 400 kV și 750 kV pentru interconexiunile cu țările vecine și pentru racordarea la sistem a CNE, s-a abordat problema influenței pe care o au solicitările specifice la care sînt supuse instalațiile de 400 și 750 kV (supratensiuni atmosferice și de comutație) asupra siguranței lor, modul de analiză practicat, aspectele tehnico-economice și criteriile ce stau la baza alegerii schemelor și soluțiilor etc.

În încheierea lucrărilor s-a apreciat că bilanțul simpozionului a fost rodnic, prof. dr. doc. ing. V. Nitu prezentînd principalele concluzii. S-au subliniat cîteva direcții de interes pentru preocupările viitoare. Următorul simpozion a fost anunțat pentru anul 1985.

S-a propus ca o serie de referate prezentate la simpozion să fie publicate și să se organizeze un simpozion pe tema disponibilității centralelor pe cărbune, în 1984, la Deva.

Ing. **Persida Iancovici** — ISPE

Lista referatelor

ȘEDINȚA PLENARĂ

1. E. Pavel (ICEMENERG) : Siguranța și continuitatea funcționării sistemelor electroenergetice. Stadiul conceptual actual. Contribuția românească.
2. N. Armencoiu, H. Albert, P. Iancovici, M. Stein (ISPE) : Dezvoltarea activităților ISPE în domeniul siguranței instalațiilor și sistemului energetic.
3. Gh. Bălan, J. Constantinescu (ICEMENERG) : Unele rezultate privind comportarea dinamică a SEN cînd rezerva de putere este redusă.
4. Gh. Manolescu, A. Sevastru, A.M. Petrescu, Gh. Moraite (ISPE) : Criterii de siguranță în funcționare abordate în planificarea dezvoltării rețelelor electrice de transport.
5. O. Mustață, I. Hopulele, C. Poienaru, R. Tecuceanu, (IRE Suceava) și colective ISPE și ICI : Realizări și perspective privind teleconducerea instalațiilor electrice de distribuție folosind calculatoarele de proces.
6. G. Spiridon, I. Sfetcu (IPA) : Acțiuni de creștere a disponibilității și fiabilității și de asigurare a mentenabilității instalației de automatizare aferente grupurilor energetice de 330 MW din țară.

GRUPA I. *Metode și modele de calcul al siguranței în funcționare, utilizate în proiectare și exploatare*

7. V. I. Nitu, D. C. Ionescu (I.P. București) : Analiză comparativă a metodelor de calcul al indicatorilor de fiabilitate pentru sisteme tehnice cu rezerve.
8. D. C. Ionescu (I.P. București), M. Stein (ISPE) : Metodă pentru estimarea duratelor de funcționare între două intervenții planificate ale echipamentelor de mare importanță pentru funcționarea instalațiilor energetice.
9. P. Iancovici, D. Izsak (ISPE) : Stadiul actual în formularea și promovarea în România a unor condiții de siguranță pentru echipamente destinate sistemului energetic național.
10. D. Ivas (I.P. IAȘI) : Asupra posibilităților de folosire a modelelor monotone multivalente pentru calculul continuității în alimentare și calității energiei electrice.
11. M. Stein, E. Costin, St. Diaconu (ISPE) : Factorul de risc — indicator suplimentar în selectarea corectă a soluțiilor din punctul de vedere al siguranței în funcționare.
12. V. Panaite (I.P. București) : Determinarea fiabilității și mentenabilității aparatelor electrice de comutație de înaltă tensiune bazată pe informații din exploatare.
13. I. Felea, Z. Zalanyi (I.I.S. Oradea) — Elaborarea cu ajutorul calculatorului a funcției de repartiție a variabilelor aleatoare : „timp de funcționare neîntrerupt" și „timp de reparare neîntrerupt" ale sistemelor electromecanice.
14. D. Ivas (I.P. Iași) : Model matematic de calcul al rezervării optime a elementelor unui sistem cu considerarea echipamentului de cuplare a rezervelor.
15. I. Felea (I.I.S. Oradea) : Considerațiuni asupra abordării fiabilității sistemelor energotehnologice din domeniul construcțiilor de mașini.
16. V. Panaite (I.P. București) : Considerarea aspectelor aleatoare în proiectarea și fabricarea aparatelor electrice de comutație de înaltă tensiune factor necesar în asigurarea calității.
17. Tr.-G. Ionescu, G. Cotmeana (ICEMENERG) : Metodologie privind calculul indicatorilor de fiabilitate la produsele metrologice, pe baza datelor din exploatare.
18. N. Armencoiu, M. Stein, Gh. Vîlcereanu (ISPE) : Asupra modului de dimensionare a puterii instalate în sistemele electroenergetice, cu luarea în considerare a frecvenței și duratelor deficitelor de putere.
19. L. Lup, M. Popescu (ISPE) : Siguranța funcționării agregatelor și influența ei asupra nivelului necesar de putere instalată în SEN :
20. M. Ciobanu (ISPE) : Estimarea siguranței în alimentarea consumatorilor din CET locală și din SEN utilizînd un indicator „P" — gradul de satisfacere a puterii cerute din CET și SEN.
21. I. Buga, M. Bunescu (DEN) : Metodă de calcul și aprecieri privind fiabilitatea instalațiilor de protecție prin relee și automatizări.
22. M. Stein, A. Vâlcereanu (ISPE) : Procedeu pentru analiza siguranței liniilor electrice aeriene cu dublu circuit.
23. N. Sorea (IRE Bacău) : Creșterea siguranței în funcționare a liniilor electrice aeriene de înaltă tensiune prin calcularea la acțiunea simultană a vîntului și chiciurii în regim dinamic.
24. C. D. Mocanu (IRE București), V. Bostan (I.P. București) Influența configurațiilor asimetrice asupra siguranței în funcționare a cablurilor cu izolație din polietilenă termoplastică tip A2YSY — 12/20 kV.
25. P. Iancovici (ISPE) : Evaluarea siguranței alimentării externe cu energie electrică a serviciilor proprii ale unui bloc de mare putere.
26. V. Panaitescu (I.P. București) : Model de calcul al disipărilor de energie hidraulică în conductele lungi ale instalațiilor și amenajărilor hidroenergetice.

27. P. Nitu (DEN), M. Săndulescu (ISPE): Propagarea erorilor din datele statistice în evaluarea fiabilității unui sistem; criterii de alegere a modelului probabilistic.

GRUPA a II-a. *Măsuri și metode de determinare și ridicare a disponibilității centralelor*

28. Gh. Cărăbulea, F. Egyed, Stroescu P. (I.E. Deva): Influența sistemelor de preparare a prafului de cărbune asupra siguranței în funcționare a CTE Mintia. Măsuri de creșterea a siguranței în funcționare a acestor sisteme și de creștere a energiei produse pe bază de cărbune.
29. I. Popescu, C. Calapod (I.E. Cluj Napoca): Măsuri tehnice aplicate pentru mărirea gradului de siguranță în exploatare a CHE din bazinele Someș și Sebeș.
30. L. Bumbu, E.A. Echizli (ISPH): Aspecte privind supravegherea comportării în exploatare a barajului Vidraru.
31. R. Sfichi (IRE Suceava): Siguranța în funcționare a microhidrocentralelor după criteriul „totul sau nimic".
32. P. Bocănete (C.P.L. — M.E.E.): Unele aspecte privind pregătirea personalului din centralele electrice.
33. M. Cârlan, P. Bocănete (C.P.L. — M.E.E.): Unele considerații privind conducerea optimă a lucrărilor de reparații.

GRUPA a III-a. *Probleme privind creșterea siguranței SEN în ansamblu*

34. C. Mihăileanu, J. Constantinescu (ICEMENERG): Studiul proceselor tranzitorii pe termen mijlociu din sistemele electroenergetice pe baza modelelor REI—DIMO.
35. Al. Itoafă (DEN): Utilizarea echivalenților EOI la calculul contingențelor complexe.
36. Fl. Popescu (DEN), P. Postolache (I.P. București), M. Popescu (ICEMENERG): Influența unor parametri de calitate ai energiei electrice asupra siguranței în funcționare a sistemului en rgetic.
37. E. Costin, C. Groșanu (ISPE): Restrîngerea consumului (limitări, sacrificii) ca măsură pentru menținerea în limite admisibile a siguranței funcționării sistemului: considerații tehnice și economice.
38. J. Constantinescu (ICEMENERG): Determinarea stabilității statice de natură aperiodică a sistemelor electroenergetice cu luarea în considerare a variației frecvenței.
39. M. Pomârleanu, C. Berbece, L. Bejuscu, I. Lupașcu (ICEMENERG): Supravegherea funcționării generatoarelor de mare putere cu ajutorul calculatoarelor de proces în scopul evitării regimurilor periculoase.
40. A. Sevastru, Fl. Mihăilescu (ISPE): Criterii de alegere a capacității de transport a liniilor de interconexiune internațională, ținînd seama de cerințele actuale de creștere a siguranței funcționării în paralel a sistemelor electroenergetice naționale.
41. G. Moraite, A. Popescu, St. Velicu (ISPE): Aspecte privind siguranța în funcționare a interconexiunii țării noastre la 750 kV.
42. L. Lup, Gh. Vîlcereanu (ISPE): Influența interconexiunii sistemelor electroenergetice asupra siguranței alimentării consumatorilor.
43. H. Albert (ISPE): Siguranța în funcționare în concepția de organizare și dotare a dispecerilor de distribuție a energiei electrice.
44. Gh. Dumitrică, G. Stănică, I. Ioniță (I.E. București) Materializarea concepției de prevenire a extinderii avariilor în cadrul SEN. Soluțiile aplicate la nivelul orașului București, cu particularitățile la CET aparținînd IEB din municipiul București.
45. C. Călin, A. Vidrașcu, D. Petrescu (DEN): Analiza siguranței în alimentarea zonei Dobrogea pentru vara 1983 — la schema normală și în diferite cazuri de avarii ale surselor de alimentare. Dispecerul Energetic Teritorial București.
46. Gh. Crețu (ISPE): Asigurarea continuității în alimentare cu energie electrică a platformelor industriale prin insularizarea grupului din centralele de termoficare.
47. Gh. Georgescu, D. Mihăilescu, I. Rențea (ICEMENERG); Aspecte privind comportarea diferitelor tipuri de grupuri funcționînd în paralel insular cu consumul unei platforme energetice.
48. D. Mihăilescu, Al. Blada, I. Rențea (ICEMENERG): Insularizarea platformei Borzești într-o singură insulă la nivelul tensiunii de 220 kV — aspecte evidențiate prin probele pe viu.
49. C.D. Mocanu (IRE București): Schemă de blocare a instalației AAR în cazul refuzului de acționare a unui întrerupător (pentru posturi de transformare).

GRUPA a IV-a. *Probleme privind siguranța alimentării consumatorilor și instalațiilor electrice ale SEN*

50. A. Cristovici, A. Popescu, F. Vatră (ISPE): Riscul de defect al izolației la supratensiuni de comutație la instalațiile de 750 kV.
51. H. Albert, I. Florea, V. Negoiță (ISPE): Alegerea schemei stației de interconexiune 750/400 kV Isaccea.
52. M. Bogan, M. Bădin, M. Ciobanu, M. Stein (ISPE): Siguranța în funcționare, criteriu important în alegerea conexiunilor stațiilor de 400 kV pentru racordarea la sistem a centralelor electrice de mare putere.
52. M. Stein, E. Grempels (ISPE): Considerații privind domeniul de utilizare a unor stații simplificate în derivație pe linii de 110 kV.
54. V. Munteanu, Gh. Schiopu (IRE Bacău): Analiza gradului de siguranță în stațiile de transformare ale IRE Bacău.
55. G. Ioniță, S. Moldovan (IDE București): Alegerea unor scheme de distribuție urbană din punctul de vedere al siguranței în funcționare.
56. G. Ioniță, E. Neagu, C. Udrescu (IDE București); Influența caracteristicilor și a tipurilor de echipamente asupra fiabilității instalațiilor electrice.
57. H. Zdrenghea (I.P. Cluj Napoca): Unele aspecte ale fiabilității alimentării cu energie electrică a platformelor industriale.
58. Cl. Verbițchi, C. Drăgan (IRE Bacău): Analiza gradului de siguranță obținut în alimentarea cu energie electrică a unui consumator industrial.
59. Gh. Bărbulescu (IPROMET): Unele aspecte privind prevenirea și limitarea supratensiunilor în rețelele cuptoarelor electrice cu arc.
60. I. Perju, D. Moșteanu (IPROMET): Soluții tehnice aplicate la C.S. Reșița și C.S. Călărași pentru mărirea siguranței în funcționarea consumatorilor de importanță deosebită.
61. I. Popescu, R. Cornea, I. Ioniță (IE București), H. Albert R. Savulian, M. Bălăuță (ISPE): Valorificarea soluțiilor de culegere în prelucrare automată a datelor, mărirea siguranței de funcționare a manevrelor în stațiile electrice de înaltă tensiune. Montarea în premieră națională a unui calculator de proces la CET București Sud.
62. A. Cristovici, A Popescu, F. Vatră (ISPE): Indicatorii de siguranță ai liniilor de foarte înaltă tensiune la supratensiuni de trăsnet și măsurile adoptate pentru creșterea siguranței liniilor.
63. Gh. Stoica, Gh. Bădescu (IRE Craiova): Fenomene în liniile lungi ce pleacă din stațiile IRE Craiova.
64. N. Sorea, G. Camer, D. Radu (IRE Bacău): Analiza gradului de siguranță în funcționarea liniilor electrice aeriene de înaltă tensiune cînd se refolosesc stîlpii metalici vechi în linii cu parametrii îmbunătățiți, utilizînd condițiile de amplasare în teren.
65. B. Màthé (ICEMENERG), V. Panaite (I.P. București): Creșterea siguranței în funcționare a cablurilor electrice prin încercări de fiabilitate.
66. S. Iacob (CFS Iași): Protecția rapidă a bateriilor de condensatoare conectate în triunghi.

Cercetare bibliografică

Recuperarea căldurii din gazele de ardere evacuate de cazanele de abur. Preîncălzitoare de aer. Coroziunea suprafeţelor finale de schimb de căldură

Un mijloc important de economisire a combustibilului ars în focarele cazanelor este folosirea, într-o măsură cît mai mare, a căldurii conţinute în gazele de ardere. Recuperarea unei părţi din căldura pierdută cu gazele de ardere evacuate din cazane şi folosirea în acest scop, în general, a preîncălzitoarelor de aer (obişnuite sau de construcţie specială, care să poată funcţiona în condiţii de coroziune puternică) sînt preocupări din ce în ce mai susţinute, aşa cum reiese din numărul mare de lucrări publicate pe această temă în ultimul timp. Soluţiile abordate vor fi prezentate în detaliu într-un articol de sinteză documentară, care se va publica într-un număr viitor. Dintre aceste soluţii, cea referitoare la folosirea unui schimbător de căldură suplimentar (un preîncălzitor de aer preliminar cu tuburi termice) a fost studiată şi experimentată pe stand de către ICEMENERG, iar rezultatele vor face, de asemenea, obiectul unui articol viitor.

Se consideră folositoare specialiştilor interesaţi în această problemă prezentarea sistematizată a listei bibliografice. Sistematizarea s-a făcut pe subteme, iar în cadrul fiecărei subteme lista bibliografică s-a prezentat în ordinea cronologică a apariţiei lucrărilor.

1. Generalităţi

În lucrările [1—7] se prezintă problemele care trebuie rezolvate la recuperarea avansată a căldurii reziduale din gazele de ardere evacuate din cazanele de abur. Se prezintă diversele soluţii care se pot aplica şi limitele lor.

2. Coroziune. Punct de rouă acid. Lupta contra coroziunii

Descrierea în amănunţime a fenomenului de coroziune la joasă temperatură, a factorilor care îl influenţează, precum şi a metodelor de combatere, constituie preocuparea principală a lucrărilor [8—50, 243—245].

Se accentuează influenţa aparte a produselor de ardere ale păcurii sulfuroase [51—54, 242, 246] asupra fenomenelui de coroziune şi rolul aditivilor [55—69, 241], asupra reducerii agresivităţii acestora (atît la folosirea păcurii, cît şi a cărbunelui cu conţinut ridicat de sulf). De asemenea, se prezintă efectul ridicării temperaturii pereţilor schimbătoarelor de căldură asupra micşorării coroziunii folosindu-se recircularea aerului [1], a gazelor de ardere [70] sau preîncălzirea preliminară a aerului [71—76].

3. Preîncălzitoare de aer regenerative

Pentru coborîrea temperaturii gazelor de ardere pînă în zona periculoasă din punctul de vedere al coroziunii acide, preîncălzitoarele de aer se pot construi din materiale rezistente la coroziune. Se folosesc preîncălzitoare de aer cu umplutură ceramică [1, 77—83], de email [247], de aluminiu [84, 85] sau de smalţ [86], cu bile metalice, ceramice [87] sau de sticlă [88, 89], cu pereţi cu noduri sferice (90), preîncălzitoare combinate (ceramică + ţevi de sticlă) [77] sau cu încărcătură de piatră (filtru umed) [91, 92].

În lucrările [93—96] ca purtător de căldură intermediar se recomandă alicele din fontă sau nemetale, bilele din ceramică sau din sticlă şi pietrişul. De asemenea, se poate folosi preîncălzitorul de aer în două etaje cu fereastră intermediară [1].

4. Preîncălzitoare de aer recuperatoare

Pentru funcţionarea în domeniul corosiv al gazelor de ardere ţevile se pot fabrica din materiale nemetalice, ca de exemplu sticla [1, 20, 97—108]; se recomandă ca ţevile de oţel să se acopere cu ceramică [109], sticlă [111], email [91] sau metale mai rezistente la coroziune [112]. Preîncălzitorul de aer se poate combina, partea rece a preîncălzitorului cu încărcătură ceramică putîndu-se construi din ţevi de sticlă [77].

O soluţie foarte eficientă de funcţionare sub punctul de rouă acid este schimbătorul de căldură cu tuburi termice, folosit, în principal, pentru preîncălzirea preliminară a aerului (poate înlocui caloriferul). Noţiuni generale despre funcţionarea tubului termic şi aplicaţiile lui în industrie sînt prezentate în lucrările [113—117]. Preîncălzitoarele de aer cu tuburi termice pot fi construcţie de obişnuită [118—125] sau combinate cu folosirea aburului [126].

Preîncălzitoarele de aer tubulare obişnuite [127—131, 252], cu tuburi întoarse [1], compacte [132], în cascadă [133, 134] sau în cascadă şi cu calorifer [1] sînt folosite, de asemenea, pentru coborîrea temperaturii gazelor de ardere la evacuare.

Caloriferele necesare preîncălzirii preliminare a aerului cu ajutorul aburului prelevat din turbină sînt descrise în lucrările [135—140]. Aceste calorifere pot folosi şi căldura din gazele de ardere recuperată cu ajutorul unui economizor de joasă presiune [1, 141—145]. Temperatura gazelor de ardere poate fi coborîtă şi prin amplasarea în drumul gazelor de ardere a unor vaporizatoare, aburul produs putîndu-se folosi în calorifere [1, 146] sau pentru livrarea către alţi consumatori [1].

Un recuperator modern care permite coborîrea temperaturii gazelor de ardere pînă la 365 K este cel cu plăci (Blech platte) de construcţie modulară [147].

O metodă interesantă de preluare a unei cantităţi mărite de căldură din gazele de ardere este admisia aerului în exces în preîncălzitorul de aer şi extragerea ulterioară a cantităţii de aer excedentare pentru recuperarea căldurii pe care o conţine [202].

5. Preîncălzitoare de aer pentru cazane moderne. Proiectare. Funcţionare-întreţinere. Optimizare. Raţionalizare. Modernizare

Se descriu soluţiile de preîncălzitoare de aer adoptate pentru cazanele moderne [128, 131, 148—160, 239. 251] şi aspecte legate de proiectarea lor [161—178, 248, 250] sau a clapetelor de pe canalele de aer [179, 180]. Funcţionarea preîncălzitoarelor de aer, întreţinerea şi reparaţia lor sînt prezentate în lucrările [181—205, 249, 253].

Pentru coborîrea temperaturii gazelor de ardere la ieşirea din preîncălzitorul de aer s-au făcut eforturi pentru optimizarea funcţionării [206—225] şi s-a trecut la măsuri mai severe de raţionalizare, ajungînd pînă la reconstrucţia lui [226—238].

[1] Krol, L. B. şi Rozengauz, I. N.: *Konvektivnie elementi moşcinih kotelinih agregatov.* Ed. Energhiia, Moskova, 1976.

[2] Chercea, G., Ionescu, Ţ., Mangu, C., Popa, F., Roşu, A. şi Totolo, C.: *Cercetări privind reducerea temperaturii gazelor de ardere la evacuare prin introducerea unor schimbătoare suplimentare de căldură la cazanele de abur. Lucrare* ICEMENERG.

[3] Krupop, J.: *Erfahrungen mit Ljungström — Luftvorwärmern.* In: V.G.B., nr. 4, 1971, p. 321—324.

[4] Černoch, S.: *Die wärmetechnischen Ergebnisse der Abgaswärmenutzung bei Industrieöffen — Teil I: Die Aufgaben und Voraussetzungen der thermodynamischen Analyse der Abgaswärmenutzung.* In: Energietechnik, nr. 12, 1973, p. 554—561.

[5] Černoch, S.: *Die wärmetechnischen Ergebnisse der Abgaswärmenutzung bei Industrieöffen* — Teil II: *Vergleich der in der Praxis anwendbaren Formeln für die Brennstoffeinsparrung mit unseren Resultaten.* In: Energietechnik, nr. 12, 1975, p. 566—572.

[6] Moţoiu, C., Furtunescu, H., Leca, A. şi Athanasovici, V.: *Posibilităţi de economisire a combustibililor şi căldurii in centralele termice industriale şi termoelectrice.* Bucureşti, Ed. tehnică, 1976.

[7] Ullrich, H. şi Oelmann, M.: *Zur Kühlung von Rauchgas, Vergasungs — und Schwelgasen.* In: B.W.K., nr. 2, 1982, p. 55—59.

[8] Petrosian, R. A.: *Vliianie temperaturi stenki hvostovih poverhnostei kotelinih agregatov na skorosti korrozii v srede dimovih gazov.* In: Teploenerghetika, nr. 12, 1957, p. 16—20.

[9] Haase, R. şi Rehse, M.: *Ermittlung der Taupunkte von Rauchgases aus dem Verdampfungsgleichgewicht des Systems Wasser — Schwefelsäure.* In: V.G.B., 62, 1959, p. 367—371.

[10] Gumz, W.: *Kurzes Handbuch der Brennstoff und Feuerungstechnik.* Springer Verlag, Berlin/Göttingen/Heidelberg — 1962.

[11] Kluge, W.: *Staub-und Schwefelgehalt der Abgase von Dampferzeugern mit Staubfeuerungen für Weichbraunkohlen.* In: Energietechnik, nr. 8, 1966, p. 329—334.

[12] Siker, A. G., şi Zabrodin, I. A.: *Zaşcita trub vozduhopodogrevatelei ot iznosa.* In: Elektriceskie stanţii nr. 3, 1968, p. 68—69.

[13] Lee, G. K., Friedrich, F. D. şi Mitchell, E. R.: *Effect of fuel characteristics and excess combustion air on sulphuric acid formation in a pulverized-coal-fired boiler.* In: Journal of the Institute of Fuel, sept. 1967, p. 397.

[14] Wahnschaffe, E.: *Ein Beitrag zur Bildung von SO_3 und SO_2 in Rauchgasen von Ölfeuerungen.* In: V.G.B., nr. 3, 1968.

[15] Drake, P. P. şi Harnett, C. G.: *Effects of gas-borne carbon, excess oxygene and fuel sodium content on fuel oil ash corrosion of superheaters.* In: Journal of the Institute of Fuel, nr. 42, 1969, p. 339—343.

[16] * * * *Heizflächen — korrosionen — Verschmutzungen.* In: Energie, nr. 7/8, 1972, p. 203—206.

[17] Wahnschaffe, E.: *Ein Beitrag zur Umwandlung von SO_2 zu SO_3.* In: V.G.B., nr.5, 1971, p. 385—390.

[18] Rasch, R.: *Rauchgasseitige Korrosionen.* In: Technische Mitteilungen, nr. 2, 1972, p. 82—88.

[19] Nikolski, M. M. şi Kovalev, B. N.: *Osobennosti naladki topocinogo rejima kotloagregata TGMP—114 pri sjiganii visokosernistogo mazuta.* In: Energhetik, nr. 7, 1972, p. 5—6.

[20] Vnukov, A. K. şi Striha, I. I.: *Stendovie issledovaniia nizkotemperaturnoi korrozii reghenerativnih vozduhopodogrevatelei.* In: Elektriceskie stanţii, nr. 8, 1972, p. 12—16.

[21] Pollmann, S. şi Wolf, H. — *Die korrosionsbeständigkeit von Dichtungsringen für Lufterhitzerrohre aus Glas*— In: V.G.B., nr. 7, 1973, p. 482—486.

[22] Aust, D.: *Die erfolgreike Reduktion von SO_2 zu Schwefel in grosstechnischem Massstab und die Anwendung dieses Verfahrens auf Emissionen von Kraftwerken.* In: V.G.B., nr. 8, 1973, p. 521—525.

[23] Magadeev, V. S., Nadirov, I. I. şi Saleiko, V. G.: *Korroziia reghenerativnih vozduhopodogrevatelei pri razlicinih sposobah ocistki.* In: Elektriceskie stanţii, nr. 9, 1973, p. 32—35.

[24] Balajka, I.: *Verhütung rauchgasseitiger Korrosionen bei der Verbrennung von Rückstandsölen.* In: V.G.B., nr. 10, 1973, p. 683—687.

[25] Schneider, W. şi Ohst, M.: *Die Vorausberechnung des Schwefelsäuretaupunktes bei Braunkohlenstaubfeuerungen.* In: Energietechnik, nr. 1, 1974, p. 34—37.

[26] Magadeev, V. S.: *Condiţiile pentru reducerea coroziunii preîncălzitoarelor de aer regenerative la arderea păcurii sulfuroase.* In: Energhetik, nr. 4, 1974, p. 17—18.

[27] Cutler, A. J. B., Hart, A. B., Laxton, J. W.: şi Stevens, C. G.: *Die derzeitigen Probleme durch rauchgasseitige Korrosionen bei der C.E.G.B., und neuere Forschungen zu deren Lösung.* In: V.G.B., nr. 9, 1974, p. 611—619.

[28] Baumann, K.: *Korrosionen und Korrosionsschutz auf der Rauchgasseite von Dampferzeugern.* In: V.G.B., nr. 3, 1975, p. 174—180.

[29] Valskii, E. G., Bezverhii, B. A. şi Ostapuşcenko, P. G.: *Issledovanie korrozionih harakteristik dimov gazovih pri sjiganii jidkogo topliva.* In: Teploenerghetika, nr. 2, 1976, p. 73—74.

[30] Magadeev, V. S., Eniakin, Iu. P., Rijakov, A. V., Larionov, V. B. şi Iudeev, V. G.: *Issledovanie korrozionnoi agressivnosti dimovih gazov v razdelinom i sovmestnom sjiganii sernistogo mazuta AŞ.* In: Teploenerghetika, nr. 3, 1976, p. 23—26.

[31] Magadeev, V. S.: *Korrozionnaia agressivnostj dimovih gazov parogheneratorov sverhkriticeskogo davlenia pri sjiganii sernistogo mazuta.* In: Teploenerghetika, nr. 1, 1977, p. 19—23.

[32] Balezin, S. A., Glikina, F. B., Sadrina, N. I., Bicicova, N. A., Vinogradov, Iu. A. şi Kutikov, A. R.: *Zaşcita kotelinih stalei ot korrozii v rastvorah trilona B i organiceskih kislot pri temperaturah 100—170 °C.* In: Teploenerghetika, nr. 1, 1977, p. 68—70.

[33] Jirasek, V.: *Tieftemperaturkorrosionen bei der Verbrennung schwefelhaltiger Braunkohle. Teil I: Betriebliche Untersuchungen über die Tieftemperaturkorrosion von Luftvorwärmern in Dampferzeugern, die mit schwefelhaltiger Braunkohle betrieben werden.* In: Energietechnik, nr. 3, 1977, p. 123—126.

[34] Schneider, W. şi Dänel, H. G.: *Tieftemperaturkorrosionen bei der Verbrennung schwefelhaltiger Braunkohle. Teil II: Möglichkeiten des Projektanten zur Abschätzung der Gefahr einer Tieftemperaturkorrosion in Dampferzeurgern mit Braunkohlenstaubfeuerung.* In: Energietechnik, nr. 3, 1977, p. 127—130 + + p. II.

[35] Gibson, G. şi Kufta, R.: *Verfahren zur Überwachung der Korrosionnen am Kalten Kesselende (în lb. engl.).* In: Power Engineering, aprilie 1977, 70—73.

[36] Dombrovski, V. I.: *Issledovanie zagreazneniia i korrozii reghenerativnih vozduhopodogrevatelei pri sjiganii ekibastuskogo uglia.* In: Teploenerghetika, nr. 6, 1977, p. 7—10.

[37] Schinkel, W.: *Punctul de rouă al gazelor de ardere evacuate la folosirea brichetelor de cărbune brun pe grătare rulante.* In: Energieanwendung, nr. 8, 1977, p. 238—240.

[38] Țirulnikov, L. M., Iliasov, N. I. și Urunbaev, M. A.: *Nekotorie osobennosti korrozii nabivki reghenerativnih vozduhopodogrevatelei pri sjiganii mazutov.* In: Energomașinostroenie, nr. 10, 1977, p. 14—15.

[39] Schinkel, W.: *Punctul de rouă al gazelor de ardere la arderea huilei pe grătar rulant.* In: Energieanwendung, nr. 3, 1978, p. 106—109.

[40] Iakușin, E. K., Futorovski, B. M. și Dvorovenko, V. N.: *Predotvrașcenie nizkotemperaturnoi korrozii i zagriazneniia RVP—98 pri sjiganii visokoreaktzionnih uglei.* In: Energhetik, nr. 11, 1978, p. 4—5.

[41] Barișev, V. I., Tilcinskaia, L. I., Zenkevici, L. A. și Goldin, G. N.: *Nizkotemperaturnaia korroziia pri sovmestnom sjiganii torfa i mazuta.* In: Izvestiia vuzov. Energhetika, nr. 11, 1978, p. 60—64.

[42] Pollmann, S.: *Tieftemperaturkorrosion an Luftvorwärmen durch chloridhaltige Kohlenaschen.* In: V.G.B., nr. 12, 1978, p. 921—926.

[43] Reidick, H. și Reifenhäuser, R.: *Katalytische SO_3 — Bildung in Abhängigkeit von der Kesselverschmutzung.* In: V.G.B., nr. 12, 1978, p. 915—921.

[44] Gorohod, V. A.: *Osobennosti kondensații parov sernoi kisloti iz dimovih gazov na nizkotemperaturnih poverhnostiah nagreva parovih kotlov.* In: Teploenerghetika, nr. 1, 1979.

[45] Alișevski, V. N. și Aleksașina, R. A.: *Perenos sernoi kisloty v reghenerativnih vozduhopodogrevateleah.* In: Izvestiia vuzov. Energhetika, nr. 3, 1980, p. 116—119.

[46] Kammer, G.: *Korrosionsminderung bei regenerativen Drehluftvorwärmern.* In: B.W.K., nr. 10, 1980, p. 463—467.

[47] Ivășcanu, Șt. și Comes, A. P.: *Coroziunea preîncălzitoarelor de aer regenerative la cazanele generatoare de abur funcționînd pe păcură cu conținut ridicat de sulf.* In: Energetica, nr. 5, 1981, p. 240—247.

[48] Bratcikov, V. N.: *Korrozionno — abrazivnii iznos konvektivnih poverhnostei nagreva parovih kotlov pri sjiganii tverdih topliv.* In: Teploenerghetika, nr. 2, 1982, p. 57—58.

[49] Hildebrandt, E.: *Kampf gegen die Korrosion — ein aktiver Beitrag zu hoher Verfügbarkeit und Wirtschaftlichkeit von Kraftwerken.* In: Energietechnik, nr. 6, 1982, p. 227—231.

[50] Köhler, S., Köhler, J. și Müller, M.: *Korrosionsschäden an Gaskühlerohren infolge gestörter Schutzschichtbildung.* In: Energietechnik, nr. 12, 1982, p. 456—457.

[51] Peleșok, A. G., Gadiak, V. A. și Ianko P. I. — *Naladka priamotocinogo kotla TGMP — 114, pri sjiganii visokosernistogo mazuta.* In: Energhetik, nr. 8, 1972, p. 3—4.

[52] Tirulnikov, L. M., Abdullaev, K. M. și Gorohov, V. A.: *K voprosu prognozirovaniia zagriazneniia nekorrodiruiușcih nizkotemperaturnih poverhnostei nagreva parogheneratorov pri sjiganiia ser nistogo mazuta.* In: Izvestiia vuzov. Energhetika, nr. 5, 1978, p. 60—66.

[53] Ernest, A. A., Zakirov, K. Z. și Cernișev, E. V.: *Organizația sjiganiia sernistogo mazuta s malimi izbitkami.* In: Energhetik, nr. 6, 1978, p. 31—32.

[54] Epik, P. P., Ots, A. A., Laid, Ia. P. ș. a.: *Vliianie temperaturi produktov sgorania mazuta na korrozionnuiu stoikostj kotelnih stalei.* In: Teploenerghetika, nr. 3, 1979, p. 29—33.

[55] Kliaciko, B. I., Sergheeva, N. D., Permiakov, B. A. și Ivanov, B. V.: *Korroziia nizkotemperaturnih poverhnostei nagreva parovih kotlov pri sjiganii visokosernistogo mazuta.* In: Teploenerghetika, nr. 8, 1963, p. 33—38.

[56] * * * *Select and evaluated additives for oil-and coal-fired steam generators.* In: Power, nr. 10, 1974, p. 54—59.

[57] Exley, L. M.: *A practical review of residual oil firing problems and solutions.* In: Combustion, nr. 3, 1970, p. 18—23.

[58] Salooja, K. C.: *Burner fuel additives.* In: Journal of the Inst. of Fuel, nr. 37, ian. 1972, p. 21—26.

[59] Neațu, V., Cobzaru, A. și Ungureanu, C. *Cercetări experimentale privind arderea păcurilor sulfuroase cu și fără aditiv.* In: Energetica, nr. 3, 1974, p. 88—91.

[60] Reynaud, P.: *Utilisation d'additifs pour neutraliser les fumées provenant de la combustion du fuel dans les générateurs de vapeur de la centrale de Montereau.* In: Rev. Gén. Therm., nr. 147, martie, 1974, p. 235—244.

[61] Büttner, W.: *Einsatz von Heizöl-und Rauchgasadditiven in Grossdampferzeugern.* In: V.G.B. nr. 6, 1976, p. 388—395.

[62] Andrade, C. R.: *Today a fuel treatment programs* In: Combustion, nr. 6, dec. 1977, p. 14—21.

[63] Mc. Millan, D. B.: *Cold end treatment solves air heater corrosion problems.* In: Combustion, nr. 6, dec. 1977, p. 29—31.

[64] Radway, J. E.: *A practical review of the cause and control of cold end corrosion and acidic stack emissions in oil-fired boilers.* In: Combustion, nr. 6, dec. 1977, p. 7—13.

[65] Büttner, W.: *Application of fuel oil and fuel gas additives in large boilers.* In: Combustion, nr. 6, dec. 1977, p. 22—28.

[66] Radway, J.E. și Boyce, T.: *Reduction of Coal Ash Deposits With Magnesia Treatment.* In: Combustion, apr. 1978, p. 24—29.

[67] Neațu, V. și Matei, M.: *Posibilități de reducere a coroziunilor și depunerilor prin utilizarea aditivului românesc de combustie a păcurii sulfuroase.* In: Energetica, nr. 5—6, 1980, p. 213—222.

[68] Neațu, V., Matei, N. și Dordea, P.: *Stadiul actual al generalizării procesului de aditivare a păcurii sulfuroase și probleme legate de aplicare.* Sesiunea de Comunicări tehnico-științifice, ICEMENERG, București, 12—14 iunie, 1980.

[69] Neațu, V., Matei, M., și Dordea, P.: *Stadiul actual al generalizării procesului de aditivare a păcurii sulfuroase și probleme legate de aplicare.* In: Energetica, nr. 5, 1981, p. 234—240.

[70] Kamelman, G. A., Nazarenko, V. S., Rodengauz, I. N., Berezineț, P. A., Utkin, V. S., Jadzilko, M. I., Ovciarov, A. P., Palei, V. N., Reznik, N. I. și Suvorov, A. E.: *Issledovanie reținkuliații gazov na kotle TPP—200 Slavianskoi GRES.* In: Teploenerghetika, nr. 7, 1972, p. 52—56.

[71] Lokșin, V. A. și Tilin, S. N.: *Usoverșenstvovanie ustroistv predvaritelinogo podogreva vozduha v kotlah blokov bolișoi moșcinostj.* In: Teploenerghetika, nr. 7, 1972, p. 20—24.

[72] Petrosian, R. A., Danilova, L. P. și Pekker, Ia. L.: *Predvaritelnîi podogrev vozduha i teplovaia ekonomicinostj parosilovoi ustanovki.* In: Elektriceskie stanții, nr. 7, 1974, p. 23—28.

[73] Krol, L. B., Zaraiski, S. I., Hristici, L. M. și Sleifer, B. M.: *Predvaritelinti podogrev vozduha v razdelinom vozduhopodogrevatele.* In: Elektriceskie stanții, nr. 9, 1974, p. 15—19.

[74] Lokșin, V. A. și Tulin, S. N.: *Predvaritelinti podogrev vozduha i ego vliianie na rabotu pervîh stupenei vozduhopodogrevatelei parogheneratorov.* In: Teploenerghetika, nr. 4, 1976, p. 10—15.

[75] Gherasimovici, V.V., Zankovici, V.L., Piskunov, V.M. ş.a.: *Primenenie povişennogo predvaritelinogo podogreva vozduha v energoblokah moşcinostiu 300 MW.* In: Energhetik, nr. 11, 1978, p. 5—7.

[76] Viazovoi, S.K., Kendîsi, P.N., Karpov, V.V. şi Katzman, V.I.: *Zavisimosti piraşceniia temperaturî uhodeaşcih gazov ot prirosta predvaritelinogo podogreva vozduha kotelinîh agregatov.* In: Elektriceskie stanţii, nr. 10, 1979, p. 22—26.

[77] Mercier, J.P. şi Cortier, J.: *Comportement et évolution des générateurs de vapeur à hautes caractéristiques d'Electricité de France.* In: Rev. Gén. de Therm., vol. XI, nr. 124, apr. 1972, p. 331—358.

[78] Naumcik, V.S., Gadiak, V.A., Kruk, M.T., Koinov, G.V., Miakas, V.I., Monarhovici, A.N. şi Madoian, L.G.: *Nekotorîe rezultati ispitanii RVP s keramiceskoi nabivkoi holodnogo sloia.* In: Energomaşinostroenie, nr. 10, 1974, p. 31—32.

[79] Korotov, E.I., Gudzenco, V.S., Zdanovski, V.G., şi Briazghin, A.A.: *Sravnitelinie ispitaniia nabivok regheneralivnîh vozduhopodogrevatelei pri sjiganii visokosernistîh uglei.* In: Elektriceskie stanţii, nr. 1, 1975, p. 25—27.

[80] Naumcik, V.S., Gadiak, V.A., Kruk, M.T. ş.a.: *Issledovanie regheneralivnîh vozduhopodogrevatelei s keramiceskoi nabivkoi pri sjiganii sernistogo mazuta.* In: Elektriceskie stanţii, nr. 1, 1975, p. 28.

[81] Pomeranţev, V.V., Komissarov, D.M., Malcenko, V.M. ş.a.: *Rezulitati laboratornîh promîşlennîh i rascetnoproektnîh issledovanii vozduhopodogrevatelei s dvijuşceisia keramiceskoi nasadkoi.* In: Teploenerghetika, nr. 3, 1976, p. 17—20.

[82] Meakas, V.I.: *Exploatarea preîncălzitoarelor regenerative de aer cu încărcătură ceramică.* In: Energhetik, nr. 11, 1978, p. 3—4.

[83] Stein, H., Gelsdorf, G. şi Schwalb, M.: *Keramische Auskleidung bestifter Rohrflächen in Müllverbrennungsanlagen.* In:. V.G.B., nr. 4, 1979.

[84] Ţirulnikov, L.M. ş.a.: *Ob effektivnosti aliumosilikatnoi prisadki k jidkomu kotelinomu toplivu.* In: Teploenerghetika, nr. 9, 1977, p. 40—44.

[85] Pomeranţev, V.V., Kendîsi, P.N., Podoliak, V.E., ş.a.: *Opît primeneniia aliuminevoi nabivki v „holodnoi" stupeni regheneralivnogo vozduhodopogrevatelia.* In: Elektriceskie stanţii, nr. 2, 1979, p. 30—34.

[86] Verhovski, N.I., Zaiţev, G.A., Levoşcenko, A.A., Nadîrov, I.I., Ţirkulnicov, L.M. şi Iukanov, V.T.: *Expluatafia regheneralivnîh vozduhopodogrevatelei s emalirovannoi nabivkoi pri rabote kotla TGM—84 na visokosernistom mazute.* In: Energhetik, nr. 6, 1971, p.13—14.

[87] Ninua. N.E.: *Regheneralivnîi vraşceaiuşciisia vozduhopodorgrevatelj.* — Ed. Vîsşaia şkola, Moskova, 1965.

[88] Berezineţ, P.A., Rozengauz, I.N., Ulezko, I.F. şi Botkacik, I.A.: *Teploobmen i aerodinamiceskoe soprotivlenie novîh tipov nasadok dlia regheneralivnîh vozduhopodogrevatelei.* In: Energomaşinostroenie, nr. 5, 1971, p. 44—46.

[89] Kutadeladze, S.S., şi Borişanski, V.M.: *Spravocinik po teploperedace.* Ed. Gosenergoizdat, Leningrad, Moskova, 1979.

[90] Botkacik, I.A.: *Teploobmennaia poverhnosti.* In: Buletinul: Otkrîtiia. Izobreteniia. Promîşlennîe obrazţi., nr. 31, 1969.

[91] * * * *Teplovoi rasciot kotelinîh agregatov. Normativnîi metod.* Ed. Energhiia, Moskova, 1973.

[92] Upmalis, A.: *Versuche mit einem Nassfilter zur Wärmerückgewinnung aus Rauchgassen.*

[93] Kaşunin, E.I. şi Zoricev, V.D.: *Rezulitati issledovanii novogo vozduhopodogrevatelia.* In: Energomaşinostroenie, nr. 4, 1969, p. 3—5.

[94] Gorbis, Z.R.: *Teploobmen i ghidromehanika dis persnîh skvoznîh potokov.* Ed. Energhiia, Moskova, 1970.

[95] Kaşunin, E.I., Feodorov, I.I. şi Eremeev, S.E.: *Issledovanie raboti drobepotocinogo regheneralivnogo vozduhopodogrevatelia.* In: Energomaşinostroenie, nr. 4, 1972, p. 14—16.

[96] Feodorov, I.I., Nazarenko, V.S. şi Kaşunin E.I.: *Issledovanie regheneralivnogo vozduhopodogrevatelia s plotnim dvijuşcimsia sloem tverdogo teplonositelia.* In: Elektriceskie stanţii, nr. 9, 1974, p. 19—22.

[97] Kerpes, O.: *Glas — Luftvorwärmer im Einsatz bei drei Stadtgasspaltanlagen mit einer Kapazität von 1,5 mil. Nm³ Stadtgas je Tag.* In: V.G.B., iunie 1969, p. 208—210.

[98] * * * Glass air heaters pay dividends. In: Power, aug. 1970, p. 55.

[99] Kliuzin, V.S., Siher, A.G., Zabrodin, I.A.. şi Zaharova, T.P.: *O zaşcite trub vozduhopodogrevatelia steklianniml nasadkami.* In: Elektriceskie stanţii, nr. 2, 1972, p. 67.

[100] Gavrilov, A.F., Maidanik, M.N., Medvedovski, I.M., Melamed, V.G. şi Stupişin, V.A.: *Vozduhopodogrevateli so steklianniml trubami.* In: Elektriceskie stanţii, nr. 12, 1972, p. 33—37.

[101] Gavrilov, A.F. şi Maidanik, M.N.: *Rasceot nizkotemperaturnogo vozduhopodogrevatelia so sstekliannîmi trubami.* In: Teploenerghetika, nr. 11, 1974, p. 90—91.

[102] Maidanik, M.N., Gavrilov, A.F. şi Ha-i tunţev, E.A.: *Issledovanie napriajennogo sosto aniia stekliannih trub vozduhopodogrevatelei pod deistviem aerodinamiceskih sil potoka gazov.* In: Teploenerghetika, nr. 12, 1974, p. 81—83.

[103] Jabo, V.V., Malahov, V.V., Jadan, N. Ia. ş.a.: *Analiz raboti nizkotemperaturnogo vozduhopodogrevatelia so stekliannîmi trubkami.* In: Teploenerghetika, nr. 2, 1975, p. 25—27.

[104] Musatov, Iu. V. şi Dubovoi, V.S.: *Opredelenie ekonomisceskih naivigodneişih skorostei gazov i vozduha v stekliannih trubciatih vozduhopodogrevateliah.* In: Teploenerghetika, nr. 9, 1978, p. 49—50.

[105] Bazaianţ, G.V., Svetlicinîi, V.A., Svedova, T.N. şi Demciuk, V.V.: *Sravnitelinie ispitaniia stekloemalevîh pokrîtii, primeniaemih v teploenerghetike.* In: Teploenerghetika, nr. 1, 1981, p. 59—60.

[106] Bazaianţ, G.V., Svetlicinîi, V.A., Oleinik, M.I. ş.a.: *Sravnitelinie ispitaniia stekloemalevîh pokrîtii, primeniaemih v teploenerghetike.* In: Teploenerghetika, nr. 12, 1981, p. 47—49.

[107] Kuvin, N.N. şi Putalova, V.D.: *Opît rekonstrukţii kotla TP—82 s ustanovkoi steklianniogo vozduhopodogrevatelia.* In: Energhetik, nr. 5, 1982.

[108] Bendasiuk, V.P., Korolevici, P.N. şi Krupiţki, L.Ia.: *Expluatafionnîe ispitaniia stekliannogo vozduhopodogrevatelia na pileugolinom kotle.* In: Energhetik, nr. 9, 1982, p. 33—34.

[109] Petrosian, R.A., Gudkevici, E.L., Nadîrov, I.I., Zîbin, Iu. A şi Albertinski, L.I.: *Experimentalnoe issledovanie razlicinih pokrîtii dlia zaşcit ot korrozii gazohodov parogheneratorov.* In: Teploenerghetika, nr. 10, 1974, p. 21—24.

[110] Maţnev, V.V., Sadofiev, S.R., Levoşcenko, A.A. şi Lotkev, B.G.: *Rezulitati ispitanii opitno-promîşlennoi ustanovki dlia ulavlivaniia pered RVP tverdih mazutnih vibrosov .* In: Teploenerghetika, nr. 10, 1975, p. 64—67.

[111] Schot, J. şi Rollmann, P.: *Rauchgasseitige Korrosionen an Nachschaltheizflächen in Dampferzeugern, ihre Verhütung durch geeignete Werkstoffwahl und deren Einfluss auf die Wärmeleitung und das Druckgefälle.* In: V.G.B., nr. 3, 1973, p. 199—203.

[112] Iuhimciuk, S.A., Gubari, E. Ia., Popov, V. S.: *Povişenie korrozionnoi stoikosti svarnih stikov kotelinih trub s hromitovim pokritiem.* In: Elektriceskie stanţii, nr. 5, 1981, p. 17—21.

[113] Eliseev, V. B. şi Sergheev, D. I.: *Shto takoe teplovaia truba.* Ed. Energhiia, Moskova 1971.

[114] Spilrain, E. E.: *Teplovie trubî.* Ed. Mir., Moskova, 1972.

[115] Voronin, G. I., Rebiakin, A. V., Sasin, V. Ia. şi Tarasov, V. S.: *Nizkotemperaturnîe teplovie trubî dlia letatelinih apparatov.* Ed. Maşinostroenie, Moskova, 1977.

[116] Semeris, R.: *Les caloducs conceptions et utilisations.* I.F.C.E. Institute „Journées internationale sur les échangeurs de chaleur".

[117] Bilegan, I. C.: *Tubul termic.* Bucureşti. Ed. Tehnică, 1982.

[118] Kuzneţov, I. V. şi Gavrilov, A. F.: *Vozduhopodogrevateli s promejutocinim teplonositelem.* In: Teploenerghetika, nr. 10, 1964, p. 30—34.

[119] Gavrilov, A. F. şi Liah, V. Ia.: *Vozduhopodogrevateli s promejutocinim teplonositelem.* In: Teploenerghetika, nr. 3, 1965, p. 11—17.

[120] Gavrilov, A. F.: *Ob optimalinih parametrah v vozduhopodogrevatele s promejutocinim teplonositelem.* In: Teploenerghetika, nr. 9, 1965, p. 83—86.

[121] Gavrilov, A. F.: *Rasceot vozduhopodogrevatelia s promejutocinim teplonositelem.* In: Teploenerghetika, nr. 8, 1966, p. 92—93.

[122] Labat, G. şi Peyraud, B.: *Comportement thermique de gros matériels á la centrale E.D.F. de Porcheville B.* In: Rev. Gén. de Therm., nr. 131, nov. 1972, p. 1091—1115.

[123] Roditelev, A. A. ş. a.: *Din experienţa de exploatare a peîncălzitoarelor de aer cu agent termic intermediar de la cazanele firmei Riley-Stocker.* In: Promîşlennaia energhetika, URSS, nr. 10, 1974, p. 15—16.

[124] Neaga, C.: *Cîmpurile de temperaturi în preîncălzitorul de aer cu agent termic intermediar.* In: Energetica, nr. 12, 1976, p. 441—446.

[125] Gavrilov, A. F.: *O vozmojnostiah vozduhopodogrevatelia s promejutocinim teplonositelem pri sjiganii sernistîh topliv.* In: Elektriceskie stanţii, nr. 8, 1980, p. 28—31.

[126] Gavrilov, A. F., Ots, A. A., Pirker, T. A., Filimonov, A. I., Randmann, R. E., Semenov, A. N., Meelak, H. O. şi Kaisemetsa, I. I.: *Kombinirovannîi vozduhopodogrevatelj na pîleslanţevom kotle.* In: Teploenerghetika, nr. 1, 1974, p. 25—28.

[127] Botkacik, I. A., Lipeţ, A. V. şi Gromov, G. V.: *Issledovanie uplotnenii R. V. V.*: In: Energomaşinostroenie, nr. 11, 1966, p. 16—18.

[128] Lokşin, V. A., Botkacik, I. A., Antonov, A. Ia., Malacevskii, T. I., Ivanova, L. D., Levin, L. I. şi Pandre, B. I.: *Reghenerativnîe vozduhopodogrevateli dlia moşcinih kotelinih agregatov.* In: Elektriceskie stanţii, nr. 10, 1972, p. 22—25.

[129] Lipeţ, A. U., Laktanov, M. D. şi Lafa, Iu. I.: *Trubciatîi vozduhopodogrevateli Z — perekrest.* In: Energomaşinostroenie, nr. 1, 1974, p. 8—10.

[130] Rikov, N. M., şi Homici, A. S.: *Snijenie zagriaznenia trubciatîh vozduhopodogrevatelei pervoi stupeni pri rabote kotlov srednego davleniia na visokosernistîh mazutah.* In: Izvestia Vuz. Energhetika, nr. 4, 1974, p. 131—135.

[131] Lipeţ, A. U., Lafa, Iu. I., Kuznetova, S. M. ş. a.: *Perspektivi razvitiia trubciatih vozduhopodogrevatelei dlia moşcinih parogheneratorov.* In: Teploenerghetika, nr. 7, 1976, p. 25—29.

[132] Kuzneţov, N. V.: *Rabocie professî i voprosî usoverşenstvovaniia konvektivnîh poverhnostei kotelinih agregatov.* Ed. Gosenergoizdat, Moskova, 1958.

[133] Lokşin, V. A., Lipeţ, A. U., Fomina, V. N., şi Kuzneţova, A. M.: *Mnogohodovoi trubciatii vozduhopodogrevatelj.* In buletinul: Otkrîtiia. Izobreteniia. Promîşlennîe obrazţi. Tovarnîe znaki, Nr. 15, 1972.

[134] Lokşin, V. A., Fomina, V. N., Semenov A. N., Meelak, H. O., Maiste, L. A., Kisemetsa, I. I., Lafa, Iu. I. şi Gromova, E. I.: *Teplotehniceskie ispîtaniia kaskadnogo trubciatogo vozduhopodogrevatelia.* In: Elektriceskie stanţii, nr. 8, 1973, p. 26—28.

[135] Varavîţki, I. B., Krol, L. B. şi Kuzneţov, N. V.: *Predotvraşcenie korrozii i zabivaniia zoloi vozduhopodogrevatelei kotelinih agregatov.* In: Elektriceskie stanţii, nr. 10, 1952, p. 6—10.

[136] Tulin, S. N. şi Lokşin, V. A.: *Kalorifernaia ustanovka dlia podogreva vozduha vne kotla.* In: Elektriceskie stanţii, nr. 9, 1967, p. 22—26.

[137] Vnukov, A. K., Jidovici, O. V., Sapalas, Iu. K. şi Monarhovici, A. N.: *Experimentalinoe opredelenie izmeneniia udelinogo rashoda topliva pri podogreve vozduha otbornîm parom.* In: Elektriceskie stanţii, nr. 6, 1971, p. 22—25.

[138] Rîjkin, V. Ia., şi Marcenko, E. M.: *Podogrev vozduha parom iz otborov turbinî i ohlajdenie uhodiaşcih gazov pitatelinoi vodoi.* In: Elektriceskie stanţii, nr. 11, 1972, p. 24—28.

[139] Zmacinski A. V. şi Medvedev V. A.: *Vîbor skorostei vozduha v kalorifernîh ustanovkah iz trub s provolocinim orebreniem* In: Elektriceskie stanţii, nr. 2, 1974, p. 28—30.

[140] Lokşin, V. A. şi Kokaia, V. N.: *Teplovaia effektivnostj mnogopotocinoi energheticeskoi kalorifernoi ustanovski.* In: Elektriceskie stanţii, nr. 1, 1981, p. 31—33.

[141] Vainştein, L. P., Gavrilov A. F., Galperin, E. I., Borodianski, M. E., Uşakov, I. K., Iakuşin, E. K., Futorski, B. M., Dvorovenko, V. N. şi Markman, I. A. A.: *Effektivnostj ocistki reghenerativnih vozduhopodogrevatelei vodoi visokogo davleniia.* In: Elektriceskie stanţii, nr. 2, 1977, p. 17—19.

[142] Upmalis, A.: *Mittelbare Vorwärmung der Verbrennungsluft.* In: B.W.K., nr. 12, 1958, p. 569—571.

[143] Krol, L. B.: *Osnovnie osobennosti kotelinih agregatov visokogo i sverhvisokogo davleniia.* Ed. Gosenergoizdat, Moskova, 1962.

[144] Apatovski, L. E., Gheltman, A. E., Reznik, V. I., Gatiţkii, E. A., Zaraiskii, S. I. şi Sciukin, E. M.: *Razrabotka shemi predvaritelnogo parovogo podogreva vozduha dlia bloka 200 MW s kotlom 640 t/h pri sjiganii freztorfa.* In: Energomaşinostrenie, nr. 3, 1968, p. 21—23.

[145] Apatovski, L. E. şi Zamiatmin, L. M.: *Snijenie temperaturi gazov v kotloagregatah s pomoşciu E.N.D. (ekonomaizera nizkogo davlenia), vkliucennogo po gazam parallelino vozduhopodogrevateliu*: In: Energomaşinostroenie, nr. 8, 1970, p. 33—34.

[146] Petrosian, R. A., Sergheeva, N. D. şi Nadirov, I. I.: *Narujnaia korroziia poverhnostei nagreva. In: Kotelinie i turbinnie ustanovski energheticeskih blokov.* Ed. Energhiia, Moskova, 1971.

[147] Sventrup, J. şi Daun, K. D.: *Wärmerückgewinnung aus Rauchgasen.* In: B.W.K., nr. 3, 1983, p. 84—86.

[148] Hiersemann, R.: *Remarci asupra preîncălzirii regenerative a aerului în generatoarele de abur.* In: Energietechnik, nr. 2, 1963, p. 54—57.

[149] Zaraiski, S. I. şi Sleifer, B. M.: *Analiz raboti vozduhopodogrevatelei kotla TPP—200 blokov 800 MW.* In: Elektriceskie stanţii, nr. 1, 1969, p. 9—12.

[150] Krol, L. B., Rozengauz, I. N. şi Berezineţ, P. A.: *Issledovanie moşcinogo kotelinogo agregata s razdvoennimi gazohodami.* In: Teploenerghetika, nr. 7, 1971, p. 52—57.

[151] Lokşin, V. A. şi Tulin, S. N.: *Perfecţionarea instalaţiilor de preîncălzire a aerului în cazanele blocurilor de mare putere.* In: Teploenerghetika, nr. 6, 1972, p. 20—24.

[152] Nazarenko, V. S., Rozengauz, I. N., Berezineţ, P. A., Petrenko, A. P., Surovov, A. E., Utkin, V. S., Berezineţ, A. A., Mihailova, A. A. şi Nosova, L. G.: *Issledovanie razdelennih gazohodov kotle TPP — 200 Slavianskoi GRES pri sjiganii AŞ.* In: Teploenerghetika, nr. 9, 1972, p. 38—42.

[153] Krol, L. B., Rozengauz, I. N., Berezineţ, P. A. şi Onişcenko, I. P.: *Expluataţia konvektivnoi ciasti kotelinogo agregata energobloka 800 MW na Slavianskoi GRES.* In: Elektriceskie stanţii, nr. 1, 1973, p. 7—10.

[154] Botkacik, I. A., Kuzmin, G. I., Balikin, A. V., Guskov, Iu. L., Samarenko, V. N., Karpov, B. S., Arhipov, V. I., Malacevski, T. I., şi Monaenkov, M. D.: *Snijenie prisosov vozduha v regheneraţivnih vozduhopodogrevateliah energoblokov 300 MW.* In: Elektriceskie stanţii, nr. 9, 1973, p. 78—79.

[155] Lokşin, V. A., Fomina, V. N. şi Sestakov, V. N.: *Teplovie ispitaniia kompaktnogo trubciatogo vozduhopodogrevatelia kotla energobloka 500 MW.* In: Elektriceskie stanţii, nr. 10, 1973, p. 8—9.

[156] Rudenko, I. M. şi Spodriak, N. T.: *Vozduho podogrevateli iz volnistih trub.* In: Teploenerghetika nr. 6, 1977, p. 12—14.

[157] Petrov, V. A.: *Teplovie harakteristiki trubciatogo vozduhopodogrevatelia kotla P—59 energobloka 300 MW.* In: Teploenerghetika, nr. 2, 1981, p. 33—36.

[158] Lokşin, V. A., Fomina, V. N., Titova E. Ia. ş. a.: *Teplotehniceskie ispitaniia kaskadnogo trubciatogo vozduhopodogrevatelia kotla P-59 na podmoskovnom ugle.* In: Elektriceskie staniţi, nr. 5, 1981, p. 21—23.

[159] Veser, K.: *Ausführungsmöglichkeuiten von Regenerativ-Luftvorwärmern für die getrennte Aufheizung von Primär-und Sekundärluft.* In: V.G.B., nr. 7, 1981, p. 579—586.

[160] Sumeiko, N. N., Rassovskii, A. S., Viazovik, L. N. şi Tarkov, L. G.: *Obosnovanie povişeniia predvaritelinogo podogreva vozduha na kotlah T.G.M.P. — 204 energoblokov 800 MW.* In: Elektriceskie stanţii, nr. 1, 1982, p. 20—22.

[161, a] Magerfleisch, J.: *Rechnerische Untersuchung von rotierenden Regenerativ-Wärmetauschern.* In: B.W.K., nr. 12, 1968, p. 562—566.

[161, b] Magerfleisch. J.: *Wärmequerleitung in einem Querlauf-Regenerativ — Wärmetauscher.* In: B.W.K., nr. 5, 1969, p. 259—260.

[162] Bendivelli, S. şi Tanburini, T.: *Metodă simplificată de calcul pentru determinarea pierderilor de căldură la coş.* In: Il Calore, nr. 8, 1969, p. 434—438.

[163] Geissler, T.: *Leistungsstand und Entwicklungstendenzen im Baum von Lufterhitzern.* In: Technische Mitteilungen, nr. 5, 1970, p. 198—204.

[164] Chiang, L. şi Cunninghan, J. A.: *Ljungstrom Air Preheater-New Design Features and Operating Experience.* In: Combustion, iulie 1970, p. 28—35.

[165] Lipeţ, A. U., Petrov, V. A., Lafa, Iu. I. şi Severianina, L. P.: *Vliianie peretokov vozduha cerez mejsekţionnie uplotneniia trubciatih vozduhopodogrevatelei.* In: Energomaşinostroenie, nr. 5, 1971, p. 28—30.

[166] Lokşin, V. A., Pavlenko, L. I., Permiakov, B. A., şi Taldikin, K. M.: *Primenenie gorizontalinih vozduhopodogrevatelei obraşcennogo tipa.* In: Energhetik, nr. 8, 1971, p. 7—10.

[167] Lipeţ, A. V., Botkacik, I. A. şi Slobodian, I. P.: *K viboru raţionalinih gheometriceskih parametrov regheneraţivnih vozduhopodogrevatelei.* In: Teploenerghetika, nr. 2, 1972, p. 20—22.

[168] Kazaciok, V. I., Orlov, I. A. şi Sokolov, B. I.: *Obnarujenie zagoranii otlojenii v vozduhopodogrevateliah.* In: Energhetik, nr. 4, 1972, p. 24—25,

[169] Botkacik, I. A. ş. a.: *Determinarea mărimii de absorbţie a aerului în preîncălzitoarele de aer regenerative.* In: Energhetik, nr. 10, 1973, p. 16—18.

[170] Fridland, M. J.: *Referitor la calculul schimbătoarelor de căldură regenerative rotative.* In: Teploenergetika. nr. 3, 1975, p. 37—39.

[171] * * * *Proiectarea şi funcţionarea preîncălzitoarelor de aer Ljungstrom.* In: Combustion, nr. 7, 1975, p. 7—11.

[172] Mac. Duff, E. J. şi Clarck, N. D.: *Ljungstrom Air Preheater Design and Operation. Part I. Sealing and Leakage.* In: Combustion, ian. 1976, p. 7—11.

[173] Mac. Duff, E. J. şi Clark, N. D.: *Ljungstrom Air Preheater Design and Operation. Part II: Corrosion and Fouling.* In: Combustion, martie, 1976, p. 24—30.

[174] Zmacinski, A. V. şi Dubovoi, V. S.: *Opredelenie ekonomiceski naivigodneişih skorostei gazov i vozduha v regheneraţivnih vraşcia iuşcihsia vozduhopodogrevateliah s podjivnoi nabivkoi.* In: Izvestiia vuzov. Energhetika, nr. 4, 1976, p. 64—68.

[175] Vnukov, A. K.: *Ob utocinenii rasceta temperaturi nabivki regheneraţivnih vozduhopodogrevatelei.* In: Elektriceskie stanţii, nr. 7, 1977, p. 34.

[176] Zmacinski, A. V. şi Sleifer, B. M.: *Rascet optimalinih secenii rotorov regheneraţivnih vozduhopodogrevatelei s dvuhsloinoi nabivkoi.* In: Teploenerghetika, nr. 8, 1974, p. 38—42.

[177] Neaga, C.: *Calculul termic al preîncălzitoarelor de aer regenerative.* In: Construcţia de maşini, R.S.R., nr. 11, 1976, p. 557—560.

[178] Mihailov, N. M. şi Latişeva, I. S.: *Opredelenie koeffiţienta prisosov vozduha v sistemah pileprigotovlenia.* In: Elektriceskie stanţii, nr. 5, 1983, p. 23—25.

[179] Paticenko, V. S., Goldenfarb, I. N., Reznik, N. I., Mocian, S. I. şi Septun, V. I.: *Vibor metoda snijeniia temperaturi gazov na vihode iz topok moşcinih kotlov, sjigaiuşcih silikoshlakuiuşcee toplivo.* In: Elektriceskie stanţii, nr. 12, 1971, p. 35—37.

[180] Zaraiskii, S.I., Samcenko, B.N. şi Rozengauz, I. N.: *Issledovanie klapanov dlia regulirovania potokov dimovih gazov i vozduha v moşcinih kotelinih agregatah.* In: Elektriceskie stanţii, nr. 12, 1971, p. 37—40.

[181] Keck, W. J.: *Regenerative air prehearters can be water-washed effectively.* In: Power Engineering, nr. 5, 1963, p. 47—48.

[182] Dombrovski, V. I.: *Osobennosti raboti regheneraţivnih vozduhopodogrevatelei pri sjigania ekibastuzskogo uglia.* In: Teploenerghetika, 1971, nr. 3, p. 68—70.

[183] Eremenko, L. Ia. şi Vasiliev, P. A.: *Opit expluataţii regheneraţivnih vozduhopodogrevatelei rabotaiuşcih na sernistom mazute.* In: Elektriceskie stanţii, nr. 5, 1971, p. 62—63.

[184] Kirsch, H.: *Topotaktische Phänomene bei Korrosionsvorgangen.* In: V.G.B., nr. 4, 1970, p. 118—121.

[185] Briazghin, A. A., Dombrovski, V. I. şi Petrov, V. A.: *Zolovie zagriaznenia regheneraţivnih i trubciatih vozduhopodogrevatelei.* In: Elektriceskie stanţii, nr. 1, 1973, p. 77—78.

[186] Guskov, I. L. ş. a.: *Curăţirea preîncălzitoarelor de aer regenerative de tipul VPR—5 cu apă tehnologică la presiune ridicată.* In: Energhetik, nr. 4, 1974, p. 12—13.

[187] Pospelov, D. N. ş. a.: *Exploatarea preîncălzitoarelor de aer regenerative cu umplutură de email a părţii reci la arderea combustibilului solid sulfuros.* In: Energhetik, nr. 4, 1974, p. 13—15.

[188] Zaiţev, G.A. ş.a.: *Curăţirea şi suflarea termică a preîncălzitoarelor de aer regenerative.* In: Energhetik, nr. 10, 1974, p. 14—16.

[189] Korotov, E.I., Gudzenko, V.S., Zdanovski V. G., şi Briazghin, A. A.: *Ocistka regheneraţivnih vozduhopodogrevatelei pri sjiganii visokosernistih uglei.* In: Elektriceskie stanţii, nr. 12, 1974, p. 17—19

[190] Maidanik, M. N. şi Gavrilov, A. F.: *Akusticeskie vibraţii trubciatîh vozduhopodogrevatelei.* In: Energhetik, nr. 3, 1975, p. 30—32.

[191] Maidanik, M. N., Gavrilov, A. F. şi Hatunţeva, E. A.: *Akusticeskie vibraţii v trubciatîh vozduhopodogrevateliah paroghenerator.* In: Teploenerghetika, nr. 7, 1975, p. 32—35.

[192] Zaiţev, G. A. ş. a.: *Curăţarea termică a preîncălzitoarelor de aer cu ţevi.* In: Energhetik, nr. 7, 1975, p. 27—28.

[193] Severeanin, V. S. ş. a.: *Curăţarea acustică a preîncălzitoarelor de aer ale agregatelor de cazane.* În: Promîşlennaia energhetika, nr. 7, 1975, p. 50.

[194] Gaillard, P. şi Saliba, Chr.: *Mise au point de la combustion au fuel-oil nr. 2 et contrôle des températures des tubes du réchauffeur d'air basse temperature d'un générateur de vapeur.* In: Rev. Gén. de Therm., nr. 169, ian. 1976, p. 35—47.

[195] Ţirulnikov, L. M. şi Orumbaev, M. A.: *Curăţirea preîncălzitoarelor de aer la arderea păcurii.* In: Elektriceskie stanţii, nr. 3, 1976, p. 15.

[196] Gavrilov, A. F. ş. a.: : *Eficienţa curăţirii preîncălzitoarelor de aer regenerative cu apă de presiune ridicată.* In: Elektriceskie stanţii, nr. 2, 1977, p. 17—19.

[197] Madoian, I. G.: *Studiul îmbîcsirii cu cenuşă a umpluturii ceramice a preîncălzitoarelor de aer regenerative ale cazanelor pe păcură.* In: Teploenerghetika, nr. 7, 1977, p. 45—47.

[198] Vasiliev, A. A. şi Dombrovski, V. I.: *Issledovania iznosa vozduhopodogrevatelei zoloi ekibastuzskogo uglia.* In: Teploenerghetika, nr. 1, 1978. p. 32—34.

[199] Nikitin, V. I., Dobriakov, T. S., Grişin, V. I., Gvozd, A. M., Skliarov, Iu. D., Hislavski, G. Z., Demircian, E. A., Kiseleva, E. V., Petrov, Iu. V., Mospan, Iu. V., Mospan, Iu. M. şi Futorski, B. M.: *O pricinah razruşeniia nabivki regheneraţivnogo vozduhopodogrevatelia.* In: Teploenerghetika, nr. 5, 1978, p. 52—55.

[200] Vasiliev, A. A., Dombrovski, V. I. şi Lafa, Iu. I.: *Iznos trubciatîh vozduhopodogrevatelei pri uglovom podvode produktov sgoraniia.* In: Teploenerghetika, nr. 12, 1981, p. 18—21.

[201] Uporov, A. P., Sobolevski, S. Iu., Makarov, Iu. A. ş. a.: *Soverşenstvovanie vozduşnîh traktov trubciatîh vozduhopodogrevatelei.* In: Teploenerghetika, nr. 12, 1980.

[202] Apatovskii, L. E., Lipeţ, A. U., Mocian, S. I., Kuzneţova, S. N. şi Smirnova, G. B.: *Povîşenie effektivnosti rabotî teplovoi elektrostanţii za scet izbîtocinoi podaci vozduha v vozduhopodogrevateli kotelinîh agregatov.* In: Elektriceskie stanţii, nr. 12, 1978, p. 28—32.

[203] Veser, K.: *Regenerativ — Luftvorwärmer an ölgefeuerten Kesseln. Betriebserfahrungen hinsichtlich Verschmutzung und Korrosion der Speichermasse.* In: V.G.B., nr. 1, 1979, p. 53—58.

[204] Pancenko, V. F., Fomina, V. N. şi Sumilov, T. I.: *Opît expluatafii trubciatîh vozduhopodogrevatelei kotlov P—39 na podmoskovnom ugle.* In: Energhetik, nr. 4, 1979, p. 33—35.

[205] Bairaşevski, B. A.: *Povîşenie nadejnosti rabotî trubciatîh vozduhopodogrevatelei.* In: Teploenerghetika, nr. 5, 1981.

[206] Aizen, B. G. şi Romaşco, I. E.: *Tehniko-ekonomiceskii sravnitlinii analiz reghenerativnîh i trubciatîh vozduhopodogrevatelei.* In: Energomaşinostroenie, nr. 11, 1965, p. 36—40.

[207] Ecabert, R. şi Silberring, L.: *Optimalisation de la temperature de sortie des fumées et du préchauffage de l'air dans les générateurs de vapeur.* In: Revue Technique Sulzer, nr. 2, 1969, p. 89—94.

[208] Marşak, Iu. L., Jurkov, I. T., Arteniev, Iu. P., Tupiţin, S. P., Siciko, V. N. şi Plisam, I. G.: *Issledovanie vliianiia temperaturî goriacego vozduha na ekonomicinostj sjiganiia antraţitovogo ştiba v poluotkritoi topke kotla TP—87.* In: Teploenerghetika, nr. 9, 1970, p. 46—50.

[209] Lipeţ, A. U., Petrov, V. A., Lafa, Iu. I. şi Severianina, L. P.: *Vliianie peretokov vozduha cerez mejsekţionnîe uplotneniia na koeffiţient ispolizovaniia trubciatîh vozduhopodogrevatelei.* In: Energomaşinostroenie, nr. 5, 1971, p. 28—30.

[210] Krol, L. B., Sterman, L. S., Rozengauz, I. N., Devocikin, M. A. şi Berezineţ, P. A.: *Analiz nekotorîh osobennostei kotelinîh agregatov s razdelennîmi gazohodami.* In: Elektriceskie stanţii, nr. 11, 1971, p. 14—17.

[211] Mocian, S. I., Fadeev, E. A. şi Kagan, G. M.: *Optimizaţiia konvektivnîh poverhnostei kotloagregatov s ucetom faktora nadiojnostî.* In: Elektriceskie stanţii, nr. 2, 1972, p. 13—14.

[212] Hermann, W. şi Welzer, H.: *Beitrag zur Senkung des Abgastemperatur durch eine Optimale Auslegung der Auftvorwärmer.* In: Energietechnik, nr. 9, 1972, p. 394—399.

[213] Apatovskii, L. E., Lokşin, V. A., Fomina, V. N. şi Halupovici, V. A.: *Metodika opredeleniia effektivnosti predvariatelinogo podogreva vozduha na elektrostanţiiah.* In: Teploenerghetika, nr. 9, 1974, p. 35—39.

[214] Zmacinski, A. V.: *Vitezele optime ale gazului şi aerului în preîncălzitoarele de aer regenerative cu garnitură emailată.* In: Elektriceskie stanţii, nr. 6, 1977, p. 25—27.

[215] Glebov, V. P., Motin, G. I., Iahilevici, F. M. şi Burnîşev, A. K.: *Optimizaţiia konvektivnîh poverhnostei nagreva mazutnîh parogheneratorov s.k.d. usloviam obrazovaniia SO_3 v dimovîh gazah.* In: Energomaşinostroenie, nr. 10, 1977.

[216] Banski, H.: *Erprobung regenerativer Wärmeaustauscher für thermische Abluftreinigungs- Anlagen.* In: B.W.K., nr. 5, 1978, p. 215—220.

[217] Schak, K.: *Fragen der Optimierung bei der rekuperativen Abwärmerückgewinnung.* In: Gas Wärme International, nr. 4, 1978, p. 190—195.

[218] Chojnowski, B. şi Chew, P. E.: *Optimizarea preîncălzitoarelor de aer rotative.* In: C.E.G.B. Research, mai 1978, p. 14—21.

[219] Vasiliev, A. A. şi Dombrovski, V. I. *Vliianie şagov trub na zolovoi iznos vozduhopodogrevatelei.* In: Teploenerghetika, nr. 10, 1978, p. 52—54.

[220] Chalot, R.: *Optimization des réchauffeurs d'air des centrales thermiques.* In: Rev. Gén. de Therm., nr. 202, oct. 1978, p. 765—780.

[221] Dering, I. S. şi Iakubenko, I. A.: *Vliianie reghenerafii tepla uhodiaşcih gazov na rasholajivanie kotloagregata.* In: Iz. Vuz. Energhetika, nr. 3, 1980.

[222] Welzer, H.: *Massnahmen zur optimalen Nutzung von Wärmeenergie, 1. Teil: Rekuperative Wärmeübertrager.* In: Energietechnik, nr. 9, 1982, p. 336—341.

[223] Welzer, H.: *Massnahmen zur optimalen Nutzung von Wärmeenergie. 2. Teil: Regenerative Wärmeübertrager.* In: Energietechnik, nr. 1, 1983, p. 6—11.

[224] Welzer, H.: *Massnahmen zur optimalen Nutzung von Wärmeenergie, 3. Teil: Mehrstufige Luftvorwärmer.* In: Energietechnik, nr. 3, 1983, p. 92—97.

[225] Welzer, H.: *Massnahmen zur optimalen Nutzung von Wärmenergie, 4. Teil: Die Luft-Eintrittstemperatur als Regelgröse.* In: Energietechnik, nr. 5, 1983, p. 174—180.

[226] Tolmacev, N. A. şi Iuruş, I. M.: *Raţionalizaţiia kotelinîh ustanovok putem predvariatelinogo podogreva vozduha.* In: Elektriceskie stanţii, nr. 1, 1956, p. 5—7.

[227] Agostini, A.: *Pierderi mari de căldură ale combustibililor şi influenţa umidităţii aerului.* In: Il Calore, nr. 9, 1968, p. 450—464.

[228] Alekseev, B. P., Boev, A. F., Zibrin, D. A. şi Radcenko, I. N.:: *Modernizaţiia kotla TGM—94 dlia sjiganiia vîsokosernistogo mazuta.* In: Elektriceskie stanţii, nr. 2, 1972, p. 59—63.

[229] Jadan, N. Ia. şi Marinin, V. K.: *Povîşenie nadejnosti ekomomicinosti kotliov PK—41 pri, sjiganii sernistogo mazuta.* In: Energhetik, nr. 2, 1972, p. 6—8.

[230] Bonţevici, V. I.: *Rekonstrukţiia vozduhopodogrevatelei kotlov PK—20.* In: Energhetik, nr. 7, 1972, p. 11—12.

[231] Petrov, V. A.: *Puti umenişeniia vesovîh, obiomnîh i ekonomiceskih harakteristik rekuperativnîh vozduhopodogrevatelei kotlov.* In: Teploenerghetika, nr. 2, 1973, p. 42—45.

[232] Pekker. Ia. L.: *Opredelenie temperaturî holodnogo vozduha dlia podsceta ekonomicinosti parogheneratorov.* In: Teploenerghetika, nr. 8, 1973, p. 89—91.

[233] Speiser, I. A. şi Gorbanenko, R. L.: *Povîşenie effektivnosti goreniia gazomazutnîh topliv.* Moskova, 1974.

[234] Vnukov, A. K. şi Striha, I. I.: *Sravnitelinaia effektivnosti vihodnih stupenei vozduhopodogrevatelei mazutnih kotlov.* In: Elektriceskie stanţii, nr. 5, 1977.

[235] Schindler, G.: *Erhöhung der Effktivität der Wärmeübertragung am „Kalten Ende" eines Dampferzeugers ohne Gefährung des nachgeschalten Rauchgastraktes.* In: Energietechnik, nr. 10, 1977. p. 379—380.

[236] Pancev, T. şi Iurukov, I.: *Posibilitatea de reconstrucţie a preîncălzitoarelor de aer pentru generatoarele de abur PK—38—4 la termocentrala Mariţa Istok 2.* In: Energetika, nr. 1, 1978, p. 18—21.

[237] Krol, A. S.: *Rekonstruckţia kubov vozduhopodogrevatelia kotla BKZ—160—100 FB.* In: Energhetik, nr. 2, 1980, p. 17.

]238] Leonkov, A. M., Misak, I. S., şi Kuskov, I. A.: *Povîşenie effektivnosti ispolizovaniia peretocinogo vozduha regheneratîvnîh vozduhopodogrevatelei.* In: Elektriceskie stanţii, nr. 6, 1980, p. 26—30.

[239] Abdurașitov, S. R., ş. a.: *O povîşenii effektivnosti rabotî blokov 300 MW.* In: Elektriceskie stanţii, nr. 6, 1973.

[240] Abdurașitov, S. R., Zaiţev, G. A. şi Deev, I. V.: *Zaşcita nizkotemperaturnîh poverhnostei kotlov antikorrozionnimi poktiiami.* In: Elektriceskie stanţii, nr. 3, 1978, p. 24—27.

[241] Dixit. S. N. şi Cuisa, D. G.: *Additives For Coal.* In: Combustion, dec. 1977, p. 32—36.

[242] Striha, I. I. şi Homici, A. S.: *Nizkotemperaturnaia korroziia stalei dîmovîh trub pri rabote kotlov na mazute.* In: Teploenerghetika, nr. 12, 1979, p. 48—51.

[243] Petrosian, R. A.: *Narujnaia korrozia metalla v kotelinîm agregatah.* In: Teploenerghetika, nr. 1, 1972, p. 11—15.

[244] Rolker, J.: *Untersuchungen zur Schwefelsäure-Taupunkt-Bestimmung in Rauchgasen.* In: V.G.B., nr. 5, 1973, p. 333—339.

[245] Weichert. R.: *Gegendarstellung zum vorstechenden Aufsatz* [244]. In: V.G.B., nr. 5, 1973, p. 340—342.

[246] Eniakin, Iu. P., Zaiţeva, M. P., Maidanik, M. N., Bojevolnova, E. V., Maslennikova, N. S. şi Pojoghina, A. N.: *Issledovanie sjigania mazuta v kipiaşcem sloe inertnogo sertnistogo materiala.* In: Teploenerghetika, nr. 12, 1980, p. 33—36.

[247] Nadîrov, I. I., Ţirulnikov, L. M. şi Raşkovan, A. V.: *Zaşcita nabivki regheneratîvnîh vozduhopodogrevatelei ot korrozii putem emalirovaniia* In: Teploenerghetika, nr. 10, 1969, p. 23—26.

[248] Iampolskii, A.E.: *Rasceot minimalinoi temperaturî metalla v trubciatîh vozduhopodogrevateliah.* In: Teploenerghetika, nr. 5, 1983, p. 72—74.

[249] Gavrilov, A.F. şi Maidanik, M.N.: *Zagriaznenie nizkotemperaturnîh poverhnostei nagreva pri sjiganii jidkih sernistîh topliv.* In: Teploenerghetika, nr. 9, 1973, p. 10—12.

[250] Lokşin, V. A., Botkacik, I. A. şi Nadîrov I. I.: *Expermentalinoe issledovanie poverhnosti nagreva dlia regheneratîvnîh vozduhopodogrevatelei* In: Teploenerghetika, nr. 9, 1973, p. 26—28.

[251] Magadeev, V. S. şi Kuskov, I. A.: *Ob effektivnosti predvaritelinogo podogreva vozduha v energoblokah 300 MW pri sjiganii sernistogomazuta.* In: Teploenerghetika, nr. 12, 1978, p. 47—52.

[252] Popov, A. G.: *Zolovoe uznaşivanie trubciatîh vozduhopodogrevatelei.* In: Teploenerghetika, nr. 12, 1978, p. 55—58.

[253] Lokşin, V.A., Fomina, V.N., Pavlov, N.V., Portianko, A.A. şi Skorniakova, L. G.: *Experimentalinoe issledovanie zagriaznenia poperecinoorebrennîh pucikov trub v zapîlennom potoke vozduha.* In: Teploenerghetika, nr. 6, 1980, p. 45—47.

[254] Heubes, G.: *L'utilisation de verre dans la construction des rechauffeurs d'air.* In: Arts et metiers, nr. 1, 2, 1969.

Ing. Anton Roşu — ICEMENERG

Abonaţi-vă la
Revista ENERGETICA!

Citind cu regularitate revista ENERGETICA veţi fi bine informaţi, în principal asupra activităţii din domeniul energetic din ţara noastră, precum şi din alte ţări.

Revista ENERGETICA vă informează asupra problemelor de : energetică generală, energetică industrială, economie de energie, reducere a consumurilor specifice de combustibil şi de energie electrică în centralele electrice, reducere şi eliminare a consumului de hidrocarburi, reducere a consumurilor tehnologice în reţelele electrice, creştere a siguranţei în funcţionarea sistemului energetic şi a elementelor acestuia, extindere şi creştere a eficienţei termoficării, creştere a productivităţii muncii, valorificare a resurselor hidraulice, protecţie a mediului înconjurător şi a instalaţiilor energetice, surse noi, reînnoibile şi noi tehnologii în energetică.

Revista ENERGETICA urmăreşte, de asemenea, informarea specialiştilor din domeniul energetic asupra : problemelor rezultate din documentele de partid şi de stat, noutăţilor tehnice din ţară şi din străinătate, realizărilor deosebite din sectorul energetic şi în principal a celor care pot fi extinse sau generalizate etc.

*

Totodată, colaborînd la revista ENERGETICA participaţi la schimbul de idei şi de experienţă, contribuind nemijlocit la progresul tehnic al energeticii româneşti.

. . . . . .

CERERE DE ABONAMENT LA REVISTA ENERGETICA

Întreprinderea
Subsemnatul . . . . . COD SIRUES . . . . . .

din localitatea . . . . . str. . . . . nr. . . . . bl. . . . . .

sc. . . . . et. . . . . ap. . . . . sect. . . . . cod poştal . . . . telefon . . . . . .

. . . . . judeţul . . . . . solicit . . . . . abonament(e) care va (vor) fi expediat(e) la adresa de mai sus.

C/v abonamentelor (lei 144 un abonament) de lei . . . . . am achitat-o în contul ICEMENERG 30.11.8.01.01., BN RSR fil. sect. 3, Bucureşti, cod 74568, prin m.p.nr. . . .

din . . . . . sau la casieria ICEMENERG REDACŢIEI cu chitanţa . . . . . .

nr. . . . . din . . . . . .

Data. . . . . .

Semnătura

. . . . . .

Condiţii pentru prezentarea articolelor la revista „Energetica"

1. Articolul să aibă maximum 12 pagini — excepţional 15 pagini — de 2000 semne (format DIN A4, la 2 rînduri).

2. Textul articolului se dactilografiază pe o singură faţă a hîrtiei ; formulele se scriu clar cu simboluri STAS, se numerotează şi se înscriu între paranteze rotunde ; indicaţiile bibliografice se înscriu între paranteze drepte.

3. Figurile se prezintă în tuş pe calc şi o copie xerox ; figurile foto trebuie să fie clare şi cu contrast pronunţat.

4. În textul articolului se indică locul tabelelor şi figurilor.

5. Bibliografia se prezintă în conformitate cu STAS :

— Pentru cărţi : numele autorului, iniţiala prenumelui, titlul cărţii (la cele străine, titlul în original), editura, oraşul, anul.

— Pentru articole : numele autorului, iniţiala prenumelui, titlul (la cele străine, titlul în original), titlul periodicului, tomul, anul, pagina.

6. Tabelele, borderourile figurilor şi bibliografia se dactilografiază pe foi separate.

7. Titlul şi textul articolului trebuie să fie clare şi concise.

8. Articolul trebuie să fie sistematizat ; este obligatorie folosirea de subtitluri cu defalcări chiar pînă la ordinul al treilea ; pentru numerotare se va folosi sistemul zecimal (cifre arabe).

9. Articolul se prezintă în conformitate cu următoarea schemă principială : *introducere* (problematica, oportunitatea articolului), *analiză bibliografică* (stadiul problemei, preocupări în lume), *teoria* (fizic şi matematic), *practica* (industrială, experimente de laborator), *comparaţia teoriei cu practica, concluzii, utilizarea rezultatelor.*

10. Articolul va fi însoţit de un rezumat de 150 cuvinte în limba engleză.

11. Pentru articolele deosebite, redacţia va solicita ulterior autorilor respectivi scurte prezentări de 1000 cuvinte, în vederea publicării lor simultan în limba engleză.

12. Autorii garantează şi răspund de corectitudinea ştiinţifică a articolelor ; redactarea trebuie să respecte regulile stabilite de Academia R.S.R

13. Corecturile se vor face de către autori în conformitate cu regulile tipografice sau se dau indicaţii pe foi separate.

14. Articolele primite la redacţie nu se înapoiază.

15. Materialele se predau în două exemplare.

16. Articolele se trimit numai semnate de autori ; se vor indica titlurile autorilor şi locurile de muncă.

17. Pentru articolele în legătură cu activitatea de serviciu trebuie să se prezinte aprobarea de publicare din partea conducerii unităţilor respective.

18. Articolele se trimit la redacţia revistei ENERGETICA pe următoarea adresă:

Revista Energetica
ICEMENERG
Bd. Energeticienilor nr. 8
74568 Bucureşti, Sector 3

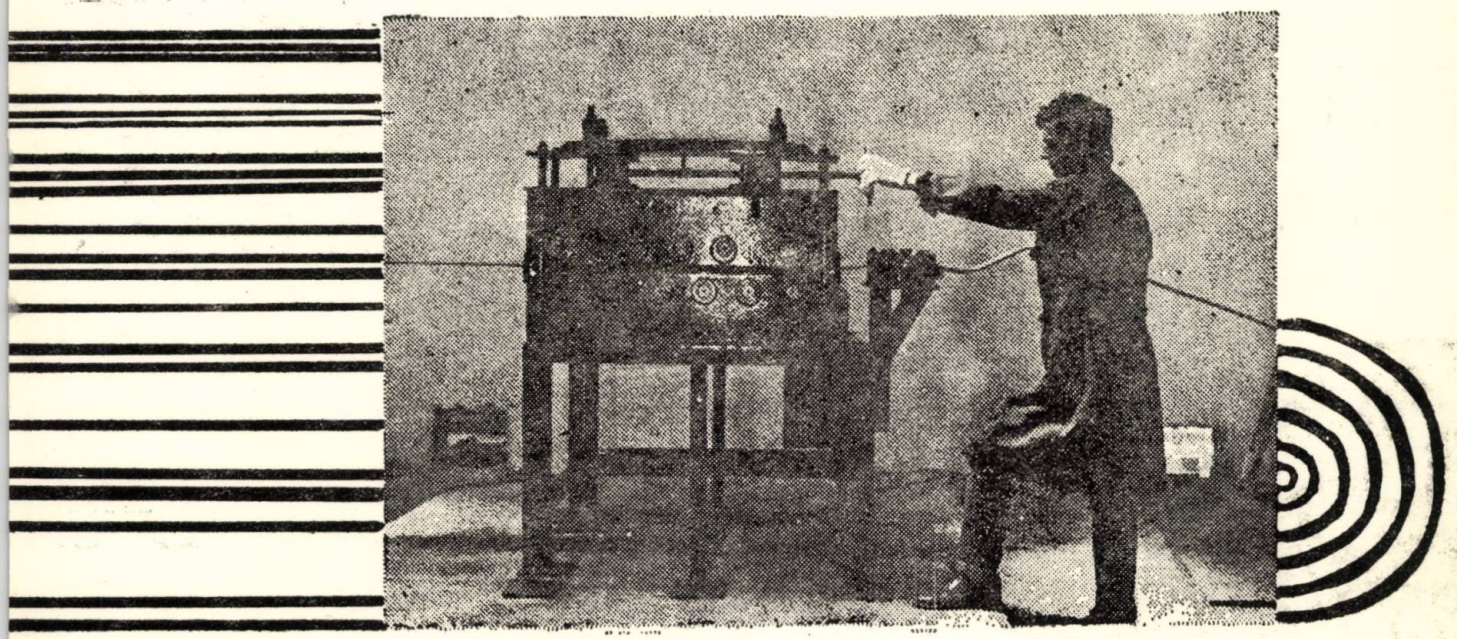
19. Informaţii suplimentare se pot cere la telefon : 20.67.30/int. 235

CIRE-UARMT-CÎMPINA

STR. FLAMUREI NR. 26–JUD. PRAHOVA

EXECUTĂ ŞI LIVREAZĂ

maşină de îndreptat platbandă



Date generale

Maşina este destinată activităţilor de construcţii metalice pentru îndreptarea, în condiţii de productivitate mărită, a benzilor din oţel, cu precădere a celor livrate sub formă de rulouri cu lăţimi pînă la 90 mm şi grosimi pînă la 5 mm. Maşina poate fi utilizată şi pentru îndreptarea benzilor din aluminiu sau alte materiale, cu lăţimi pînă la 100 mm şi grosimi pînă la 10 mm.

Maşina de îndreptat platbandă este de concepţie proprie.

Preţul informativ al unei maşini de îndreptat platbandă este de 50 000 lei.

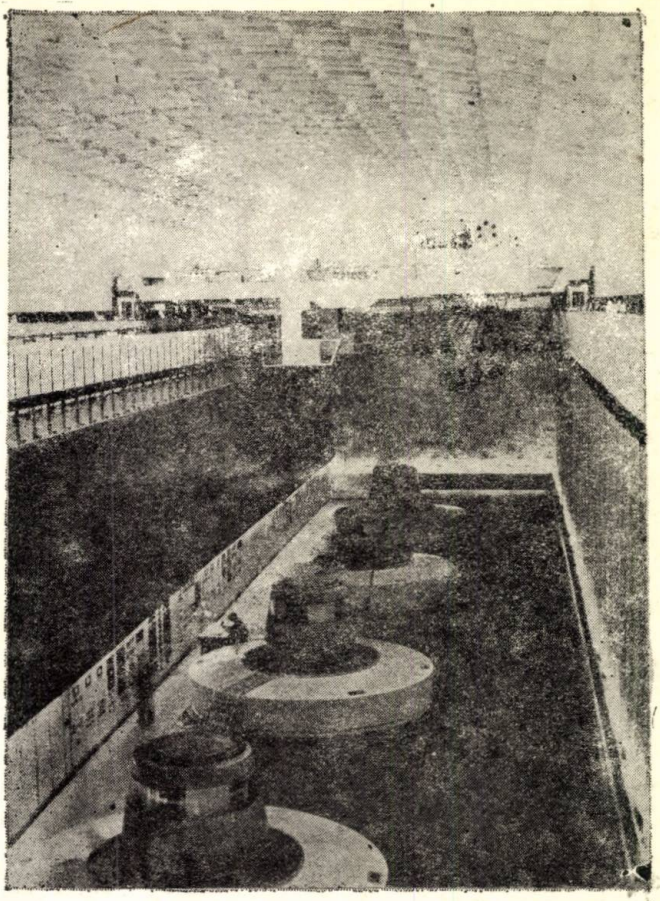
Caracteristici tehnice principale

— domeniul de utilizare:	— îndreptare benzi de oţel cu dimensiuni pînă la 90 × 5 mm sau benzi de aluminiu cu dimensiuni 100 × 10 mm;
— modul de acţionare şi comandă:	— cu motor electric şi comandă prin buton:
— motorul de acţionare	— 380 V; 4 kW; n = 1 000 rot/min;
— viteza de înaintare a benzii:	— 9 m/min;
— dimensiunile rolelor de îndreptare-tragere:	— Φ 120 × 120 mm;
— reglarea maşinii funcţie de grosimea şi lăţimea benzii:	— prin pene înclinate, acţionare prin şurub, de la roata de manevră;
— domeniul de reglare al distanţei dintre rolele de îndreptare-tragere:	— 0–20 mm.

I.S.P.H.

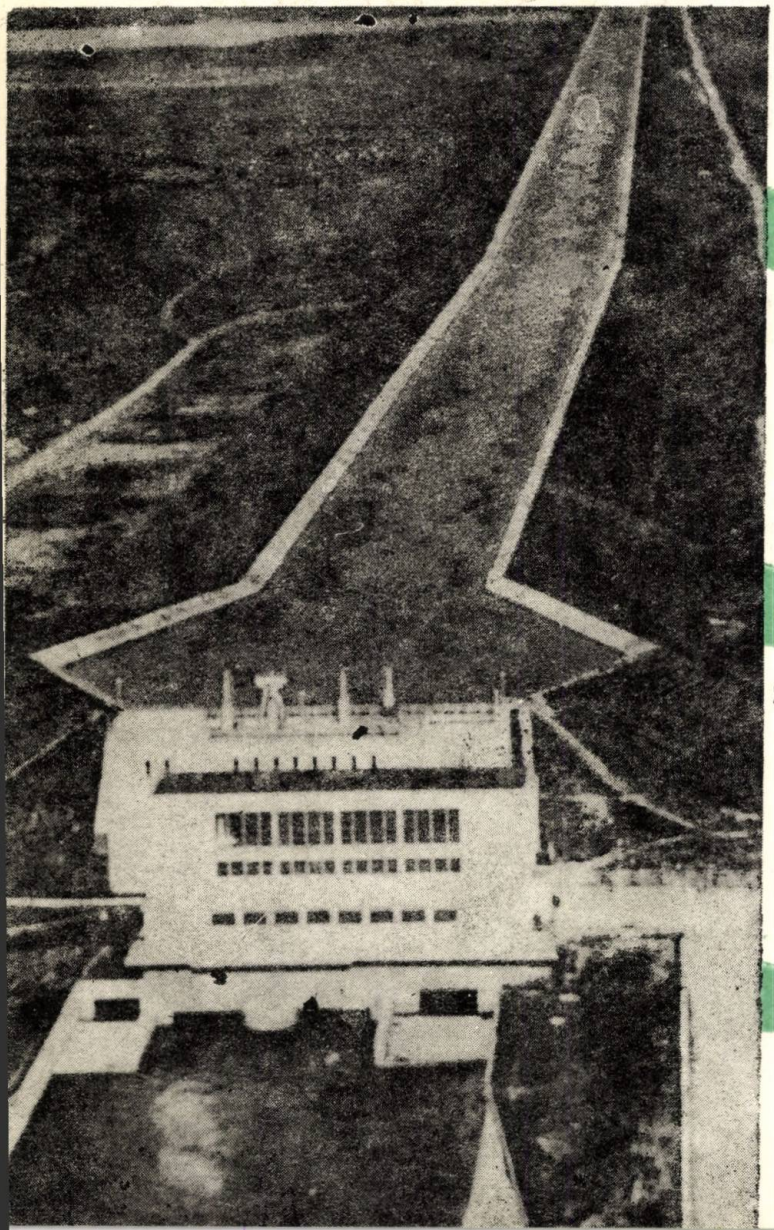
INSTITUTUL DE STUDII ŞI

PROIECTĂRI HIDROENERGETICE



1984 MAR 1

ISPH-Designing Institute with complex profile offers :



RIVER BASIN DEVELOPMENT STUDIES

- hydroelectric developments
- multipurpose hydraulic developments
- special hydraulic structures

SPECIAL ACTIVITIES

- hydrological and hydrogeological studies
- engineering-geological investigations
- geotechnical and geophysical explorations, soil and rock mechanic investigations
- topographical surveys and mapping

SPECIAL SERVICES

- preliminary studies and designs
- feasibility studies
- final designs
- detailed construction drawings
- tender documents and contracts
- inspection and supervision
- expert's reports

29, Republicii Blvd., 79669 Bucharest,
Romania,
Phone 147270, Telex 11-443 i.s.p.h.r.

2039

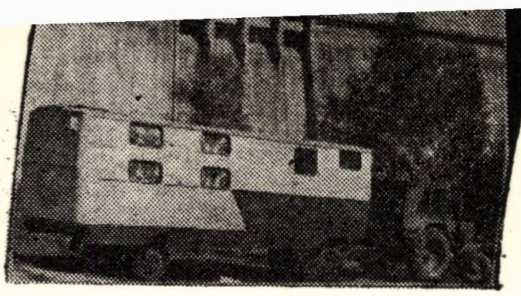
MW

11

0 6 12 18 24

energetica

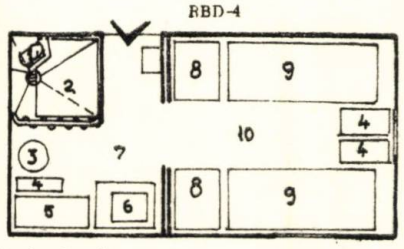
VOLUMUL XXXI
BUCUREȘTI
NOIEMBRIE 1983



CIRE-URTAE-ROMAN

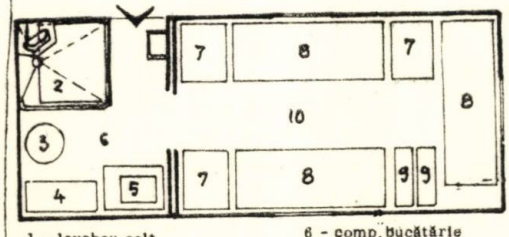
UZINA DE REPARAT TRANSFORMATOARE SI APARATAJ ELECTRIC - ROMAN

RBD-4



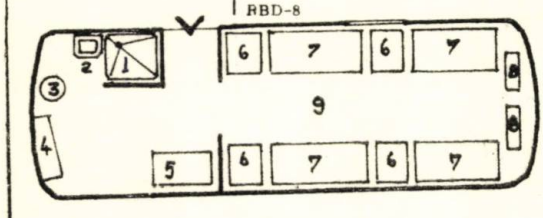
1 - lavabou de colţ
2 - cuvă duş
3 - boiler
4 - radiator
5 - rezervor
6 - maşina de gătit
7 - bucătărie
8 - dulapuri haine
9 - paturi suprapuse
10 - comp. dormitor 4 pers.

RBD-6

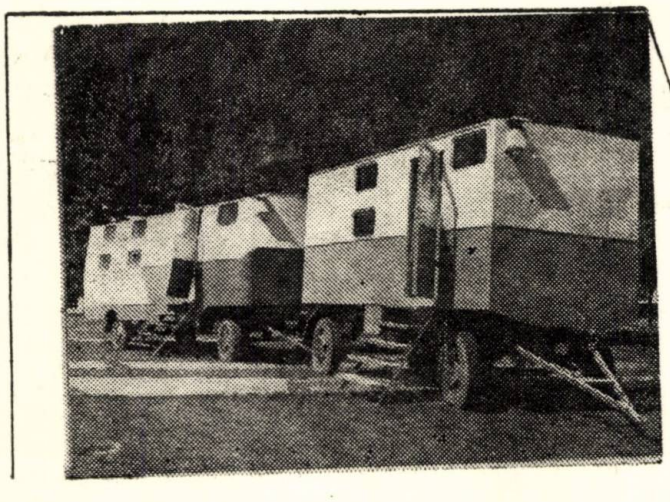


1 - lavabou colţ
2 - cuvă duş fontă
3 - boiler
4 - rezervor
5 - maşină gătit
6 - comp. bucătărie
7 - dulapuri haine
8 - paturi suprapuse
9 - radiatoare
10 - comp. dormitor 6 pers.

RBD-8



1 - cuvă fontă duş
2 - chiuvetă
3 - boiler
4 - rezervor
5 - maşină gătit
6 - dulapuri haine
7 - paturi suprapuse
8 - radiatoare
9 - comp. dormitor 8 locuri



Execută :

Remorci dormitor tip RBD-4, RBD-6 şi RBD-8, precum şi căsuţe transcontainer dormitor tip CTD-6, care au cîte 4, 6, 8 şi respectiv 6 locuri Remorcile şi căsuţele dormitor sînt destinate cazării în condiţii de confort sporit a echipelor de muncitori angrenaţi în lucrări temporare pe şantiere sau puncte de lucru izolate de aşezări omeneşti.

Remorcile şi căsuţele dormitor sînt prevăzute cu instalaţii de încălzire a compartimentelor locuibile, instalaţii de alimentare cu apă potabilă, cu instalaţii de încălzire a apei potabile în scopuri sanitare, cu instalaţii de ventilaţie naturală, cu instalaţii de iluminat la 12 V şi de forţă la 220 V.

Remorcile şi căsuţele dormitor sînt dotate cu paturi suprapuse, cu dulapuri metalice, cu mese şi scaune pliante, sobă electrică de gătit etc.

Remorcile şi căsuţele dormitor sînt deplasabile prin cuplarea la cîrligul de tracţiune al autocamioanelor sau tractoarelor universale.

x

x x

Comenzile se trimit pe adresa :

Uzina de Reparat Transformatoare şi Aparataj Electric - Roman, str. Uzinei de ţevi nr. 2, cod 5550, jud. Neamţ. Telex 21244, tel. 12539, 12350, 13935

ENERGETICA

ORGAN AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ŞI AL CONSILIULUI NAŢIONAL AL INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN REPUBLICA SOCIALISTĂ ROMÂNIA

SUB ÎNDRUMAREA CONSILIULUI ŞTIINŢIFIC AL INSTITUTULUI CENTRAL DE CERCETĂRI ENERGETICE

COLEGIUL DE REDACŢIE

Dr. ing. **Gh. Bălan** (redactor responsabil adjunct)
Ing. P. Cartianu
Ing. L. Cernuşen
Ing. M. M. Dănoiă
Ing. H. Furtunescu
Ing. N. Georgian
Dr. ing. Gh. Luca
Dr. chim. Maria Maftei
Dr. ing. G. Manolescu
Ing. B. Marcu
Ing. I. Mălereanu (redactor responsabil adjunct)
Dr. ing. Călin Mihăileanu (redactor responsabil)
Prof. dr. doc. ing. V. I. Nitu
Dr. ing. E. Pavel
Dr. ing. T. Popa
Dr. ing. C. I. Staicu (secretar redacţie)

Revista „Energetica" este publicaţie lunară devotată preocupărilor spirituale şi realizărilor materiale în domeniul energeticii

Redacţia şi administraţia: **Bucureşti 74568. Bd. Energeticienilor 8,** Sector 3, Telefon: 20 67 30, 21 46 30

Cd. 1565

I. P. „INFORMAŢIA" str. Brezoianu nr. 23—25, sector 6

Lei 12

ANUL 31 **11** NOIEMBRIE 1983

Cuprinsul

ARTICOLE

C. Cazacu, D. Bieleşeanu, I. Ghetel, M. Rădulescu, A. Foşu, Gh. Ioniţă: **Tehnologii îmbunătăţite de ardere a lignitilor din bazinul Oltenia. Soluţii pentru cazanul de 1035 t/h** 475—481

T. L. Dragomir, Şt. Preitl, O. Crişan, Şt. Kilyeni: **Modelarea sistemului automat de reglare a excitaţiei (SRAE), aferent grupurilor din centrala Porţile de Fier 1. Partea a II-a: Modelul matematic intrare-stare-ieşire** 481—488

A. Cristovici, Anca Popescu: **Problemele ridicate de folosirea reanclanşării automate monofazate la liniile de foarte înaltă tensiune** (cu prezentare în limba engleză) 489—495

C. Brătianu, D. Popescu: **Rezolvarea ecuaţiilor transcendente şi criteriale folosite în termoenergetică cu ajutorul metodelor numerice iterative** (cu prezentare în limba engleză) 496—500

G. Herez: **Repartizarea operativă a costurilor la producerea cuplată a energiei electrice şi termice** 500—511

INVENŢII—INOVAŢII 512—513

DIN ISTORIA ELECTRIFICĂRII

Gh. Maglaviceanu, E. Putnoky: **Iluminatul public permanent al străzilor din Timişoara în pragul centenarului** 513

Al. Seceleanu: **10 ani de la punerea în funcţiune a primei reţele de distribuţie de joasă tensiune, cu conductoare izolate răsucite** 514—515

DIN SUMARUL REVISTELOR 516

Revista „Energetica" este editată cu concursul permanent dat de:

chim. **Eleonora Ataman**
dr. ing. **J. Constantinescu**
ing. **Ana Dobre**
ing. **T. Dragomir**
ing. **Angela Perea**
dr. ing. **M. Pomîrleanu**
dr. ing. **Gh. Popa**
ing. **A. Roşu**
ing. **V. Rugină**
ing. **I. Turcu**

În revista ENERGETICA se publică:

Articole

Informaţii referitoare la: publicaţii recente (cărţi, reviste), noutăţi ştiinţifice şi tehnice, invenţii şi inovaţii, experienţă de exploatare, realizări tehnice remarcabile, manifestări tehnico-ştiinţifice naţionale şi internaţionale (congrese, conferinţe, simpozioane), titluri de articole de specialitate din alte reviste.

Materiale diverse: cronici, recenzii, discuţii la articolele publicate, puncte de vedere ale autorilor, concluziile discuţiilor în jurul meselor rotunde.

Revista ENERGETICA este editată şi administrată de Institutul de cercetări şi modernizări energetice — ICEMENERG

M. David — şef Oficiu de informare documentară pentru energetică

Ana Maria Chivu — redactor

Instituţiile pot achita abonamentele în contul de virament nr. 30.11.8.01.01 — BN R.S.R., Fil. sect. 3. Costul unui abonament: 144 lei anual; costul unui exemplar: 12 lei.

Cititorii din străinătate se pot abona la ILEXIM, Departamentul Export-Import Presă. P.O. Box 136 — 137, telex: 11226, Bucureşti, str. 30 Decembrie nr. 3

Tiparul: Întreprinderea poligrafică „Informaţia" Bucureşti, str. Brezoianu 23 — 25

41401

ANNOUNCEMENTS FOR READERS ABROAD

- **The review „Energetica" can send on request from publications abroad reports translated in one of the worldwide spoken languages**
- **The review „Energetica" proposes a publication exchange with similar reviews and in relating fields**
- **The review „Energetica" provides and publishes or introduces books on energy received at the editorial office. Reviews and presentations of books sent on this purpose to the editorial office can be published as well**
- **The review „Energetica" publishes on request from authors abroad reports on energy or other materials: technical and scientific news, inventions-innovations, information about technical and scientific symposia, etc. written in one of the worldwide spoken languages**

СОДЕРЖАНИЕ

К. Казаку, Д. Быклешяну, И. Гетел, М. Рэдулеску, А. Рошу, Г. Ионицэ: **Улучшённые технологии сгорания лигнитов из бассейна Олтении — технологические решения вопроса котлов 1035 т/час** 475—481

Т. Л. Драгомир, Шт. Прейтл, Шт. Килиени: **Моделирование системы автоматического регулирования возбуждения (САРВ) блоков ГЭС ЖЕЛЕЗНЫЕ ВОРОТА — I". Часть II-ая: Математическая модель вход — состояние — выход** 481—488

А. Кристович, Анка Попеску: **Вопросы связанные с использованием повторного автоматического монофазного включения ЛЭП сверхвысокого напряжения** (с изложением на английском языке) 489—495

К. Брэтияну, Д. Попеску: **Решение трансцендентных и критериальных уравнений использованных в теплоэнергетике — с помощью численных итеративных методов** (с изложением на английском языке) 496—500

Г. Херц: **Оперативное распределение стоимостей при комбинированном производстве электрической и тепловой энергии** 500—511

ИЗОБРЕТЕНИЯ — НОВАТОРСТВА 512—513

ИЗ ИСТОРИИ ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ

Г. Маглавичяну, Е. Путноки: **Публичное постоянное электрическое освещение улиц города Тимишоара накануне столетней годовщины** 513

Ал. Сечеляну: **10 лет со дня пуска в эксплуатацию первой распределительной электросети низкого напряжения, с изолированными скрученными проводниками** 514—515

ИЗ СОДЕРЖАНИЯ ЖУРНАЛОВ 516

INHALTSVERZEICHNIS

C. Cazacu, D. Bicleşeanu, I. Ghetel, M. Rădulescu, A. Roşu, Gh. Ioniţă: **Verbesserte Verbrennungstechnologien für die Lignitkohlen aus dem Gebiet Oltenien — Lösungen für den 1035 t/h Kessel** 475—481

T. L. Dragomir, Şt. Preitl, Şt. Kilyeni: **Die Modellierung des automatischen Erregungsregelungssystems (SRAE), für die Blöcke des Wasserkraftwerkes Eisernes Tor I, Teil 2: Das mathematische Modell Input-State-Output** 481—488

A. Cristovici, Anca Popescu: **Probleme der Verwendung der einphasigen automatischen Wiedereinschaltung der sehr hohen Spannungsleitungen** (mit einer Kurzfassung in English) 489—495

C. Brătianu, D. Popescu: **Die Lösung der in der Energiewirtschaft angewandten transzendenten und kriterialen Gleichungen mit Hilfe der numerischen iterativen Methoden** (mit einer Kurzfassung in Englisch) 496—500

G. Hercz: **Die rasche Verteilung der Preise bei der gekoppelten Erzeugung der elektrischen und thermischen Energie** 500—511

ERFINDUNGEN-ERNEUERUNGEN 512—513

AUS DER GESCHICHTE DER ELEKTRIFIZIERUNG

Gh. Maglaviceanu, E. Putnoky: **Die Dauerbeleuchtung der Strassen aus Timişoara vor der Jahrhundertfeier** 513

Al. Seceleanu: **Zehn Jahre seit der Inbetriebnahme des ersten Tiefspannungsverteilungsnetzes mit isolierten Drallleitungen** 514—515

AUS DEM INHALT ANDERER ZEITSCHRIFTEN 516

SOMMAIRE

C. Cazacu, D. Bicleşeanu, I. Ghetel, M. Rădulescu, A. Roşu, Gh. Ioniţă: **Technologies améliorées concernant la combustion des lignits dans le bassin carbonifère Oltenia — solutions pour la chaudière de 1035 t/h** 475—481

T. L. Dragomir, Şt. Preitl, Şt. Kilyeni: **La simulation du systeme automatique de reglage de l'excitation (SRAE), afférent des groupes de la centrale Porţile de Fier 1. La deuxième partie: Modèle mathématique entrée-état-sortie** 481—488

A. Cristovici, Anca Popescu: **Aspects concernant l'utilisation du réenclenchement automatique monophasé sur les lignes de trés haute tension** (à presentation en anglais) 489—495

C. Brătianu, D. Popescu: **La solution des équations transcendentes et critérielles utilisées dans le domaine thermoénergetique a l'aide des méthodes numeriques itératives** (à presentation en anglais) 496—500

G. Hercz: **La répartition opérationnelle des coûts dans la production combinée de l'énergie électrique et thérmique** 500—511

INVENTIONS — INNOVATIONS 512—513

DE L'HISTOIRE DE L'ÉLECTRIFICATION

Gh. Maglaviceanu, E. Putnoky : **L'éclairage permanent des voise publiques en Timişoara auprès du centenaire** 513

A. Seceleanu : **Dix ans de la mise en service du premier réseau de distribution basse tension à conducteurs isolés torsadés** 514—515

LA REVUE DES REVUES 516

SUMMARIES

DC 621.311.18 :662.61

C. Cazacu, D. Bicleşeanu, I. Ghetel, M. Rădulescu, A. Roşu, Gh. Ioniţă : **Improving Burning Technologies of the Lignite from the Oltenia Coal Field — Solutions for the 1035 t/h Boiler**

The paper presents the results of the tests carried out on the 1035 t/h boiler of the thermal power plants Rovinari and Turceni burning lignite from the Oltenia coal field. The boilers were submitted to following changes for the improvement of the burning technology :

— the mills diameter was enlargened
— the mills separator was removed
— the mills were equipped with and inertial concentrator
— a heat-proof girdle was installed in the burners area
— an after-burning grate and an improved slag discharge installation were mounted.

The changes, which proved to be efficient, were already performed or are to be performed at the other 1035 t/h lignite burning boilers.

Energetica 31 (1983), nr. 11, p. 475—481

DC 621.311 :621.313,12

T.L. Dragomir, Şt. Preitl, Şt. Kilyeni : **The Modelling of the Automatic Excitation Control System (SRAE) for the Unit of the Iron Gates I. Part 2 : The Mathematical Input-State-Output Model**

On the basis of the SRAE structures and parameters experimentally identified for the Unit No. 3 of the Iron Gates I and presented in the first part, now the input-state-ouput mathematical model is introduced on operational units considering initial conditions. The entire mathematical model of SRAE is presented, which resembles in aspect to the linear one. The model outlines its non-linearities by explaining the arguments of all cell matrices and of the scalar elements belonging to the system matrices.

Finally, the utility of the mathematical model of SRAE is mentioned.

Energetica 31 (1983), nr. 11, p. 481—488

DC 08.621.315.1 :621.3.027.7/8

A. Cristovici, Anca Popescu : **Problems Concerning the Single Pole Automatic Reclosing of the Extra High Voltage Lines**

The arc caused by failure in the EHV lines is overfed by the capacitive coupling between the phases during the single-pole reclosing time break, when a phase is tripped. This results in the impossibility to quench the arc and therefore the necessity of reclosing.

To ensure a successful reclosing, measures to compensate the capacities between phases should be taken by a special type of mounting the reactors.

The paper deals with some useful relations for the calculation of the characteristic magnitude during the single-pole reclosing time break.

Energetica 31 (1983), nr. 11, p. 489—495

DC 621.311.22/23

C. Brătianu, D. Popescu : **Solutions of Transcendental and Criterial Equations Used in Engineering Heat Transfer by Iterative Numerical Methods (I)**

Engineering heat transfer processes are generally very complex and need many mutually dependent variables to be accurately described with. As a consequence, their mathematical models admit analytical solutions only for simplified cases. For solving more complex heat transfer equations, one needs numerical methods.

The purpose of this paper is to present an iterative numerical method suitable for solving engineering heat transfer equations which contain transcendental or criterial expressions. The bisection method is presented for its intuitive and straightforward logic. This method consists in halving sequentially a given interval until the unknown equation root is found with a certain admissible error.

The application of this method is illustrated by considering some typical examples of engineering heat transfer calculations. A brief description of the algorithm used and a flow sheet diagram of the computer program is presented as well.

Energetica 31 (1983), nr. 11, p. 496—500

DC 621.3.016.4+621.1.01

G. Herez : **The Operative Costs Repartition at the Combined Energy Generation**

After presenting the basic elements of the problems raised by the combined energy generation costs repartition and a short introduction of the methods used for their calculation the criteria of a single and operative method are presented which avoids the disadvantages of the usual methods preserving the main elements. By introducing the term „useful anergy" (an analogy with „useful exergy") the description of a calculation method which should satisfy the mentioned criteria is searched.

The advantages of the proposed repartition keys are demonstrated by the practical example of a plant with one condensation unit (or several identical units) and two district heating outputs. The data obtained are presented in tables and diagrams.

Finally, some possibilities to improve the method with factors related to fixed prices and to the prices of the supplementary supply water are indicated.

Energetica 31 (1983), nr. 11, p. 500—511

INVENTIONS-INNOVATIONS 512—513

FROM THE HISTORY OF ELECTRIFICATION

Gh. Maglaviceanu, E. Putnoky : **The Permanent Public Illumination of the Streets of Timişoara Before the Centennial**

Energetica 31 (1983), nr. 11, p. 513

Al. Seceleanu : **Ten Years Since the Commissioning of the First Low Voltage Distribution Network, With Wound Insulated Conductors**

Energetica 31 (1983), nr. 11, p. 514—515

FROM THE SUMMARIES OF OTHER REVIEWS 516

Tehnologii îmbunătățite de ardere a lignitilor din bazinul Oltenia. Soluții pentru cazanul de 1035 t/h

Ing. C. Cazacu, ing. D. Bicleșeanu, ing. I. Ghetel, ing. M. Rădulescu, ing. A. Roșu, ing. Gh. Ioniță*)

Introducere

Primele rezultate obținute în funcționarea centralelor termoelectrice de la Rovinari și Turceni, echipate cu blocuri de 330 MW (cazane de 1035 t/h), au arătat o serie de deficiențe legate în special de nerealizarea sarcinii nominale, consum mare de păcură de adaos pentru susținerea flăcării, pierderi mari prin ardere mecanic incompletă etc.

Una din cauzele principale care au generat această situație a fost schimbarea caracteristicilor combustibilului de proiect și în special a structurii fibroxiloide a lignitului din bazinul Oltenia.

Au apărut astfel, ca necesare, măsuri pentru îmbunătățirea performanțelor acestor cazane, prin adaptarea lor constructivă și funcțională la proprietățile noului combustibil, urmînd ca rezultatele obținute să fie extinse și la alte cazane care utilizează lignit.

A fost întocmit un program de modificări și experimentări pentru cazanele de 1035 t/h, concretizat la cazanele nr. 6 din C T E Rovinari și nr. 4 din C T E Turceni.

Într-o primă etapă au fost experimentate pe două mori de la cazanul nr. 4 Rovinari influența creșterii diametrului rotorului morii asupra debitului de cărbune și posibilitatea utilizării pe circuitul de refulare al morii de dispozitive de concentrare a prafului de cărbune în scopul îmbunătățirii procesului de ardere.

Din experimentările efectuate au fost reținute cele mai eficiente soluții, încheierea ciclului de îmbunătățiri realizîndu-se la cazanul nr. 6 din CTE Rovinari, la care au fost introduse experimental următoarele dotări și modificări:

— grătar de postardere și instalație de evacuare a zgurii îmbunătățite;

— brîu refractar în zona arzătoarelor;

— mori de diametru mărit, fără separator, echipate cu concentrator inerțial.

S-au efectuat experimentări care au avut drept scop stabilirea eficienței modificărilor executate în vederea generalizării soluțiilor la celelalte cazane.

1. Calitatea cărbunelui

În întreaga perioadă în care s-a urmărit funcționarea cazanului nr. 6 din CTE Rovinari s-au prelevat probe de cărbune la intervale de 1—2 ore, constituite în probă medie supusă analizelor la fiecare 4 ore de funcționare a cazanului.

Cărbunele a prezentat un domeniu larg de variație a puterii calorifice în limitele intervalului 4,8—8 MJ/kg, acesta fiind situat cu mult în afara benzii de calitate. Aceeași remarcă se poate face și pentru umiditate, la care intervalul de variație este mare (34,3—46,9%), media pe întreaga perioadă fiind de 40,55%. Conținutul mediu de cenușă se situează peste valoarea din proiect (27,92% față de 24,5%), și ceea ce este de semnalat în mod deosebit, este faptul că limita inferioară a intervalului de variație a cenușii (24,3—35,5%) este apropiată de valoarea medie de proiect (24,3% față de 24,5%), reflectînd înrăutățirea calității cărbunelui din bazinul Rovinari.

La cazanul nr. 4 din CTE Turceni, în timpul experimentărilor lignitul s-a încadrat în banda de calitate de proiect, către limita superioară:

— umiditate totală: 42—47,5%;

— cenușă (la masa inițială): 17,8—25,6%;

— putere calorifică inferioară: 6,3—7,5 MJ/kg.

Regimul cazanului a fost destul de constant, fără să aibă loc modificări ale calității lignitului în timp scurt.

Procentul de material lemnos (xilită) raportat la masa combustibilă a avut valori relativ scăzute (7—16%) față de cele ale lignitului ars în timpul experimentărilor de la Rovinari (peste 20%).

2. Regimul de funcționare al cazanului și morilor de cărbune

Măsurătorile efectuate pe morile DGS-100 ale cazanului nr. 6 din CTE Rovinari au relevat următoarele:

— debitele morilor se situează într-un domeniu larg de variație (80—110 t/h), deși nivelul de uzură a ciocanelor și temperatura la separator au fost apropiate la toate morile. Cauzele se datoresc în special diferențelor de etanșare la gurile de aspirație a gazelor de ardere din focar și regimului diferit de funcționare din punctul de vedere al caracteristicii de ventilare;

— debitul morilor crește cu sarcina cazanului, ca urmare a creșterii nivelului termic în focar, fapt reliefat prin valorile temperaturii gazelor de ardere la aspirația morilor; s-au înregistrat valori cuprinse între 1120 K și 1300 K, valoarea medie fiind de 1180 K, care este mai ridicată cu circa 100 K față de experimentările

*) Ing. C. Cazacu, ing. D. Bicleșeanu, ing. I. Ghetel sînt cercetători științifici principali la ICSITEE, ing. M. Rădulescu, ing. A. Roșu, ing. Gh. Ioniță sînt cercetători științifici principali la ICEMENERG.

efectuate la celelalte cazane de 1035 t/h, nemodificate;

— temperaturile la separator s-au situat la limita inferioară (sub 393 K), reliefînd o bună utilizare a căldurii gazelor de ardere aspirate, fără a se semnala înfundări ale morilor în această perioadă, determinînd umidități mai ridicate ale prafului de cărbune (W_{praf}=18—25% la debite ale morilor de circa 100 t/h);

— finețea de măcinare a prafului s-a caracterizat prin $R_1 = 6-13\%$ și $R_{0,09} = 64-86\%$, $W_{tot} = 7-27\%$, $A^{anh} = 40-65\%$ și $Q_i^i = 5,5-10,5$ MJ/kg. Se remarcă valorile mari ale $R_{0,09}$ ca urmare a eliminării separatorului și structurii fibroxiloide, ceea ce determină nivelul ridicat al nearselor din cenușa zburătoare.

Uzurile specifice ale ciocanelor morilor de pe rîndurile 1 și 3, calculate pentru o pierdere de greutate de 30—35% au avut valori de 3,5—5 g/t. Pentru aceste uzuri specifice, durata de viață a ciocanelor a fost de 240—330 ore.

Consumurile specifice de energie electrică s-au situat între 10 și 12,3 kWh/t, funcție de debitul morii și calitatea cărbunelui, depășind valorile avute în vedere la proiectare, ca urmare a unei rezistențe mai mari la măcinarea cărbunelui actual.

Măsurătorile efectuate pe două mori (M_4 și M_6) pentru determinarea gradului de separare a mediului bifazic pe cele două arzătoare în scopul verificării eficienței concentratorului inerțial, au arătat valori reduse ale coeficientului de concentrare în arzătorul inferior și deci o eficiență scăzută a acestui tip de concentrator, fapt relevat, în parte, și la încercările anterioare.

La moara 6 a acestui cazan s-au efectuat experimentări în două situații ale ciclului de funcționare (moară nouă și moară uzată). Rezultatele obținute sînt prezentate în tabelul 1.

Tabelul 1

Nr. crt.	Mărimea	Unitatea de măsură	Număr de ore de funcționare	
			70	300
1	Debitul de cărbune	t/h	113,6	78,5
2	Temperatura la separator	K	391	378
3	Temperatura la aspirația morii	K	1165	1075
4	Finețea de măcinare			
	— R_1	%	6,8	8,91
	— $R_{0,09}$	%	56	54,6
5	Umiditatea prafului	%	15,9—23,65	17,1—21,2
6	Debitul de fluid	Nm³/s	45,1	39,6
7	Viteza amestecului în ambrazura arzătorului	m/s	8,8—11,9	8,3—9,8
8	Concentrația prafului de lignit în gazul purtător	g/m³	243—296	306—486
9	Consumul specific de energie	kWh/t	10,55	12,95
10	Puterea electrică consumată	kW	1197,3	1017,4

În figura 1 se prezintă diagrama variației debitului de cărbune al morii 6, în funcție de uzura ciocanelor pe un ciclu de funcționare. Cu ajutorul acestei diagrame se determină debitul mediu al morii după un anumit număr de ore de funcționare. Pe durata efectuării experimentărilor (300 ore) debitul mediu de cărbune a fost de 97,4 t/h, iar pe întreg ciclul de funcționare al morii (457 ore), la capătul căruia s-au schim-

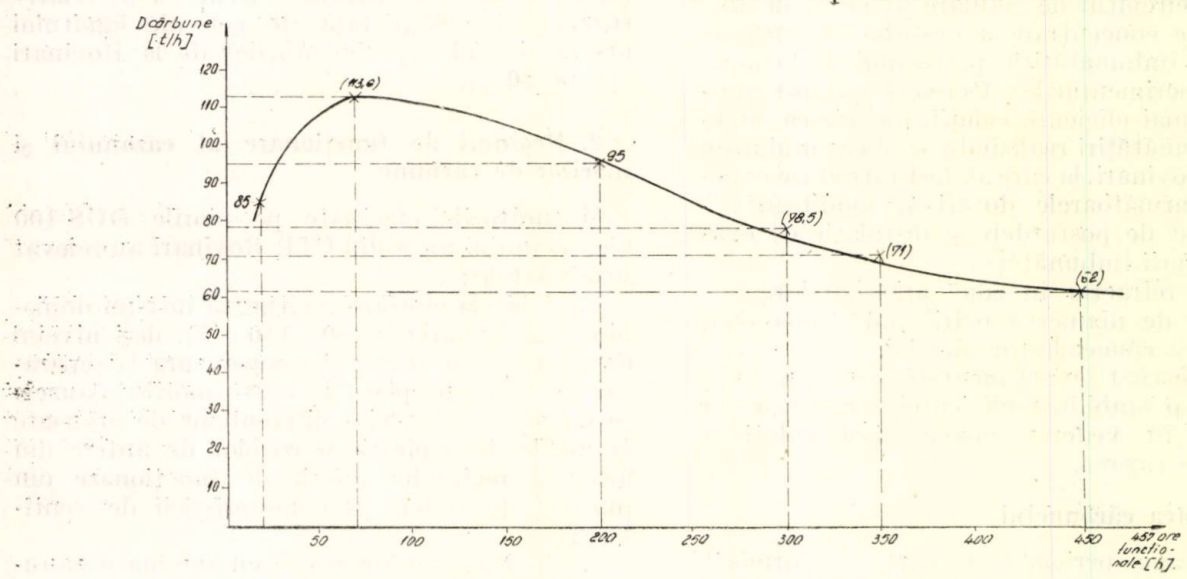


Fig. 1. Variația debitului de cărbune funcție de uzura ciocanelor.

Morile cazanului 4 din CTE Turceni au realizat, în perioada în care s-au efectuat experimentările, un debit mediu situat între 66,6—110 t/h.

bat rîndurile 1 și 3 de ciocane, debitul mediu realizat a fost de 85,4 t/h.

Așa cum rezultă din tabel, finețea de măcinare este corespunzătoare unei mori fără separator, fiind mai bună decît cea realizată de morile din CTE Rovinari, unde se arde lignit cu măcinabilitate mai scăzută.

Panta curbelor granulometrice ale prafului de lignit prezentate în figura 2 (n = 0,62) caracterizează o slabă omogenitate, la aceasta contribuind și lipsa separatorului morii, care lasă să intre în focar particule de cele mai diferite dimensiuni.

Viteza amestecului în ambrazură se prezintă în apropierea valorii de proiect (10 m/s) la fel ca și debitul de fluid vehiculat de moară pentru care valoarea de proiect este de 42 Nm^3/s. Concentrația prafului de lignit în gazul purtător este mai mare decît valoarea de proiect (285 g/m^3).

ceea ce a necesitat montarea unui grătar de postardere, pentru a compensa înrăutățirea fineței de măcinare. Acest grătar are un efect favorabil asupra stabilității arderii datorită, pe de o parte, „patului de foc" de nivel termic foarte ridicat (1575—1875K) pe care-l creează la baza focarului (substituind parțial flacăra de păcură) și, pe de altă parte, contribuției proprii la încărearea termică a focarului. În acest fel nu se mai consumă păcură drept combustibil suport, începînd de la o putere a blocului de 200 MW. Aerul terțiar insuflat printre barele grătarului contribuie la arderea zgurii pe grătar și micșorează cantitatea de zgură din pîlnia rece prin împiedicarea căderii tuturor particulelor spre grătar (de fapt micșorează factorul de reținere al focarului).

Grătarul de postardere montat la cazanul 6 din Rovinari și la cazanul 4 din Turceni este

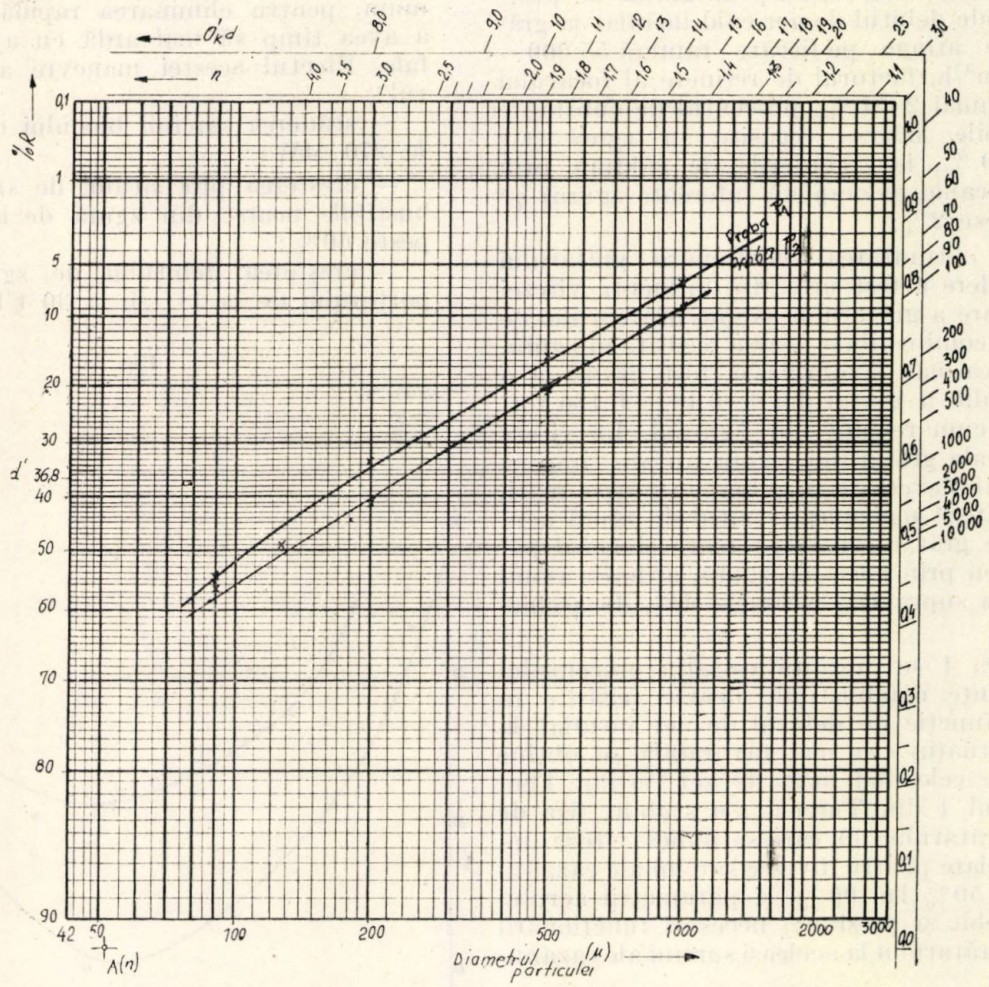


Fig. 2. Curbele granulometrice ale probelor de praf de cărbune.

3. Grătarul de postardere

Pentru creșterea debitului morilor în condițiile alimentării cu cărbune cu structură fibroxiloidă și pentru reducerea aportului caloric de păcură, s-au eliminat separatoarele morilor, de tip rulant, format din două benzi de grătar, care evacuează zgură prin centrul pîlniei.

Rezultatele experimentărilor efectuate la Rovinari au relevat următoarele:

— cantitatea de zgură evacuată, implicit factorul de reținere, sînt mai mari cu 60—

70% față de funcționarea cu mori cu separator;

—debitul de aer cald de insuflare este mai mic (40—50 000 Nm^3/h) față de valoarea de proiect (124 000 Nm^3/h), ventilatoarele suplimentare de aer terțiar (16 000 Nm^3/h fiecare) neputînd acoperi deficitul de aer semnalat.

Lipsa de aer explică,în parte, valorile ridicate ale:

— factorului de reținere al focarului (a_{zg} = 4—5% la un cărbune cu peste 28% cenușă raportată la masa inițială);

— procentului de substanțe combustibile nearse regăsite în zgura eliminată de pe grătar (C_{zg} = 22—45%) și implicit ale pierderilor de căldură ale cazanului prin ardere mecanic incompletă (aferente zgurii) q_4^{zg} = 1—2,5 %.

Se menționează că la cazanul 4 din CTE Turceni prevăzut cu același tip de grătar de postardere, unde debitul de aer cald insuflat la grătar poate atinge pe fiecare ramură 55 000—60 000 Nm^3/h, factorul de reținere al focarului este de numai 2—4 %, procentul de substanțe combustibile nearse regăsite în zgură este de 15—20 %, iar pierderile de căldură prin ardere mecanic incompletă (aferente zgurii) q_4^{zg} nu depășesc 2%.

Pentru optimizarea funcționării grătarului de postardere a fost urmărită influența vitezei de deplasare a grătarului asupra procentului de substanțe combustibile nearse regăsite în zgură. Situația cea mai favorabilă a fost găsită la o viteză medie a grătarului de 0,144—0,180 rot/min, așa cum rezultă din figura 3. La viteze mai mari ale grătarului, zgura nu are timp să ardă și este deversată în pilnie cu nearse mari, iar la o viteză mai mică, stratul de zgură acumulată pe grătar este prea mare și aerul pătrunde greu prin masa de zgură, arderea avînd loc doar la suprafață. Nearsele sînt, de asemenea, mari.

În figura 4 se prezintă variația procentului de substanțe combustibile nearse regăsite în zgură în funcție de debitul de aer insuflat la grătar. Situația cea mai favorabilă se obține la debitele cele mai mari de aer terțiar. Pentru cazanul 4 din Turceni s-a stabilit fișa de regim a grătarului, în care se indică viteza optimă de rulare pentru diverse sarcini ale cazanului (de la 50% la 100%) și parametrii aerului terțiar (debit și presiune) necesari funcționării optime a grătarului la aceleași sarcini ale cazanului.

Temperatura în nucleul de flacără de pe grătar, a avut valori cuprinse între 1575 și 1875 K, cele mai mari din tot focarul, în timp ce temperaturile măsurate, la diverse cote din focar au avut, la același regim de funcționare, valori cuprinse între 1145 K și 1325 K. Aceasta confirmă aportul deosebit al grătarului la stabilizarea arderii. În afara realizării unui nivel termic ridicat, grătarul de postardere, montat odată cu scoaterea separatoarelor morilor, contribuie în mod direct la creșterea stabilității arderii, și anume prin creșterea încărcării termice a focarului.

Eficiența grătarului de postardere s-a determinat prin comparația probelor de zgură prelevate înainte și după grătar. În cadrul unei încercări, s-au determinat nearse de 46% în proba de zgură prelevată înainte de a ajunge pe grătar și de 27,2% în proba de zgură evacuată de pe grătar. Luînd în considerare debitul de zgură evacuată, a rezultat o eficiență a arderii zgurii pe grătar de circa 56%, ceea ce confirmă datele din proiect (60%).

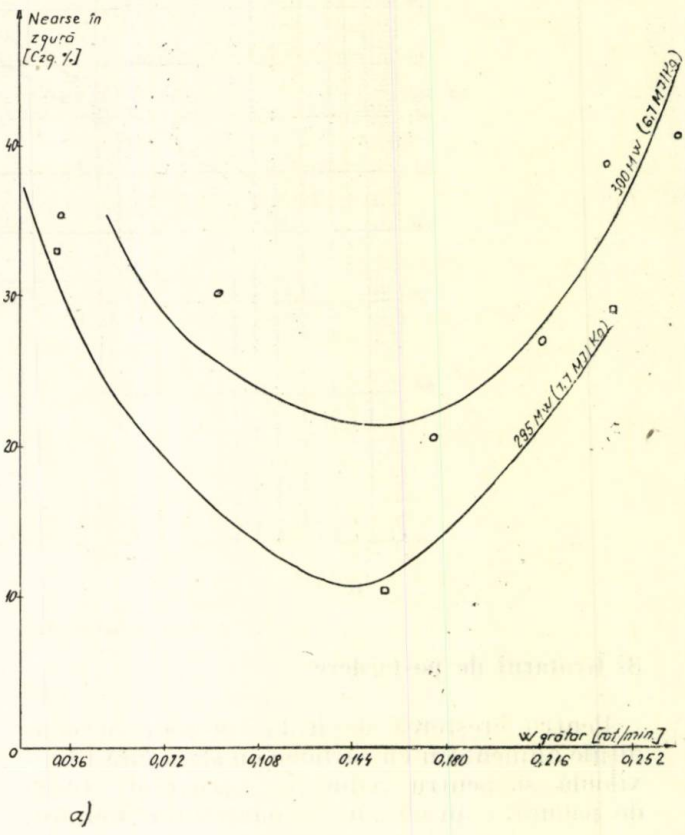
O altă serie de încercări s-a efectuat pe cazanul 4 din CTE Turceni, unde s-a simulat lipsa grătarului prin închiderea accesului aerului terțiar și ridicarea vitezei de rulare la maximum, pentru eliminarea rapidă a zgurii fără a avea timp să mai ardă cu ajutorul aerului fals. Efectul acestei manevre a fost următorul:

— scăderea sarcinii blocului de la 300 MW la 270 MW;

— creșterea procentului de substanțe combustibile nearse din zgură de la 15—20% la peste 60%;

— creșterea debitului de zgură al transportorului de la 11 t/h la 30 t/h;

Fig. 3a



a)

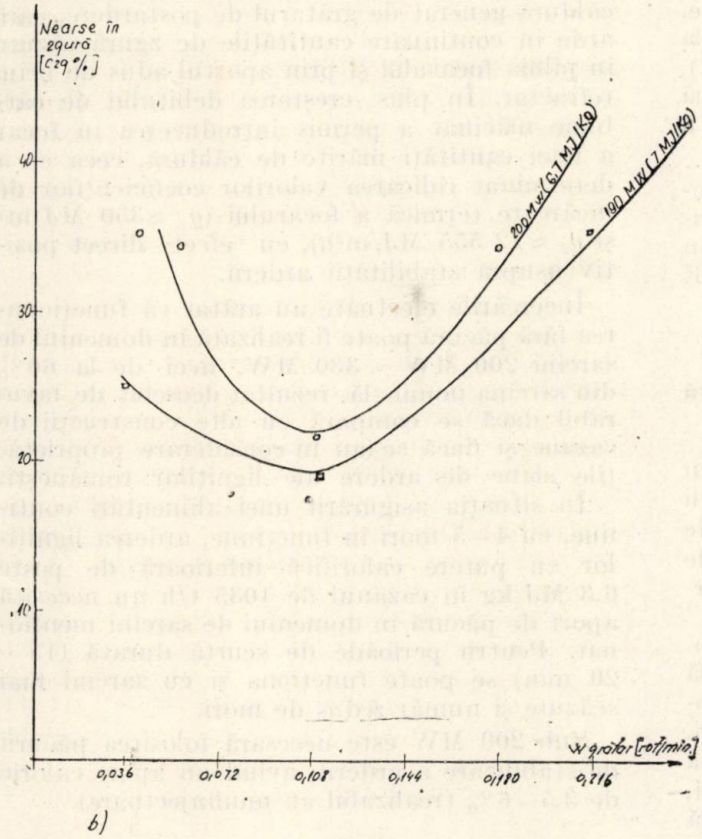


Fig. 3b

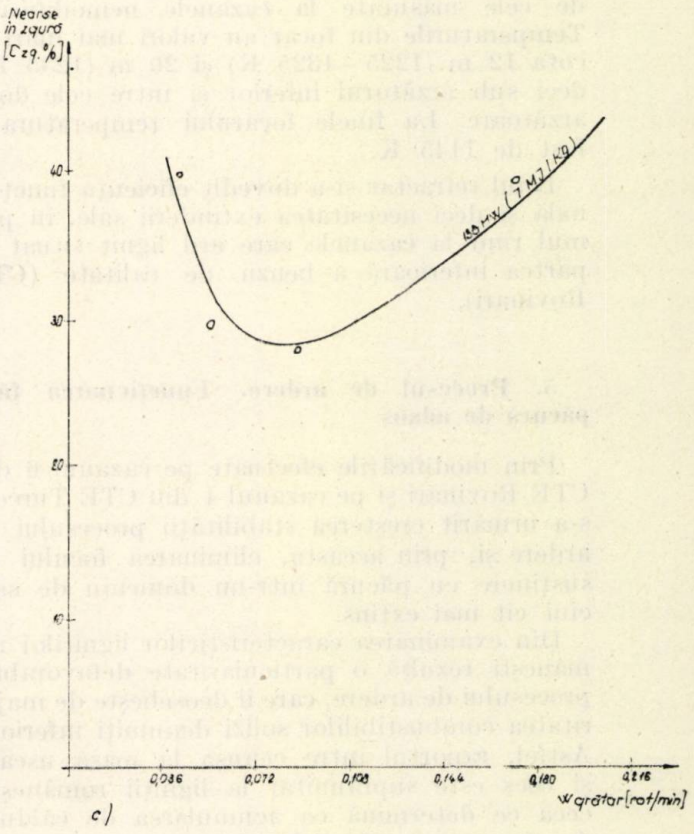


Fig. 3c

Fig. 3. Diagramele de optimizare a vitezei grătarului : a — sarcină maximă ; b — sarcină medie ; c — sarcină minimă.

— diminuarea dimensiunilor caracteristice ale particulelor de zgură de la 1,6—3 mm la 1mm ;

— creșterea factorului de reținere al focarului de la 2—4% la 6,5—8,5% ;

— creșterea pierderilor de căldură ale cazanului prin ardere mecanic incompletă de la aproximativ 2% la aproximativ 12%, diminuarea cu 10% a randamentului cazanului explicind reducerea sarcinii blocului cu 30 MW.

4. Brîul refractar

Pentru creșterea stabilității arderii s-a urmărit ridicarea nivelului termic în focar, în special în zona de aprindere, prin amplasarea unui brîu refractar de o parte și de alta a arzătoarelor, sub forma unor benzi verticale stampate pe țevi (suprafața ocupată de brîu este de 8—10% din suprafața cazanului).

În cursul încercărilor termotehnice s-a constatat influența favorabilă a brîului refractar în zona de aprindere prin valorile temperaturilor măsurate la diferite niveluri în focar și prin temperaturile gazelor de ardere în turnurile de aspirație ale morilor.

Se constată că prin amplasarea brîului, corelată cu îmbunătățirea arderii pe ansamblul focarului ca urmare a amplasării grătarului de postardere, temperaturile gazelor de ardere aspirate sînt mai mari cu circa 100 K față

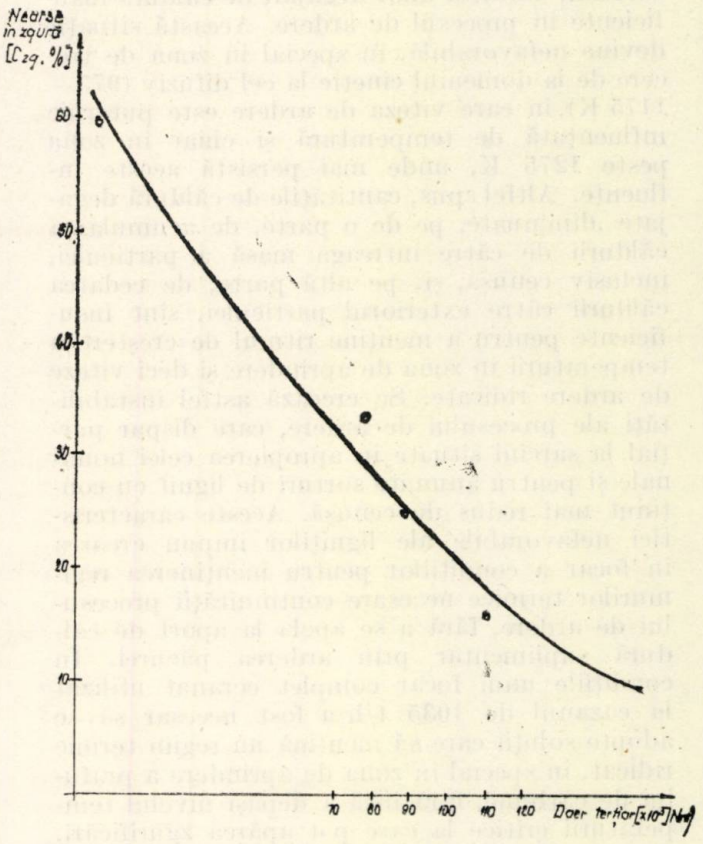


Fig. 4. Diagrama de optimizare a debitului de aer terțiar.

de cele măsurate la cazanele nemodificate. Temperaturile din focar au valori mai mari la cota 12 m (1225—1325 K) și 20 m (1235 K), deci sub arzătorul inferior și între cele două arzătoare. La finele focarului temperatura a fost de 1145 K.

Brîul refractar și-a dovedit eficiența funcțională și deci necesitatea extinderii sale, în primul rînd la cazanele care ard lignit situat în partea inferioară a benzii de calitate (CTE Rovinari).

5. Procesul de ardere. Funcționarea fără păcură de adaos

Prin modificările efectuate pe cazanul 6 din CTE Rovinari și pe cazanul 4 din CTE Turceni s-a urmărit creșterea stabilității procesului de ardere și, prin aceasta, eliminarea focului de susținere cu păcură într-un domeniu de sarcini cît mai extins.

Din examinarea caracteristicilor ligniților românești rezultă o particularitate defavorabilă procesului de ardere, care îi deosebește de majoritatea combustibililor solizi denumiți inferiori. Astfel, raportul între cenușa la masa uscată și cocs este supraunitar la lignții românești, ceea ce determină ca acumularea de căldură de către particulă și deci ritmurile de creștere a temperaturii să fie mai reduse decît la ceilalți cărbuni, datorită unor degajări de căldură insuficiente în procesul de ardere. Această situație devine nefavorabilă, în special în zona de trecere de la domeniul cinetic la cel difuziv (975—1175 K), în care viteza de ardere este puternic influențată de temperatură și chiar în zona peste 1275 K, unde mai persistă aceste influențe. Altfel spus, cantitățile de căldură degajate ,diminuate, pe de o parte, de acumularea căldurii de către întreaga masă a particulei, inclusiv cenușa, și, pe altă parte, de cedarea căldurii către exteriorul particulei, sînt insuficiente pentru a menține ritmul de creștere a temperaturii în zona de aprindere și deci viteze de ardere ridicate. Se creează astfel instabilități ale procesului de ardere, care dispar parțial la sarcini situate în apropierea celei nominale și pentru anumite sorturi de lignit cu conținut mai redus de cenușă. Aceste caracteristici nefavorabile ale ligniților impun crearea în focar a condițiilor pentru menținerea regimurilor termice necesare continuității procesului de ardere, fără a se apela la aport de căldură suplimentar prin arderea păcurei. În condițiile unui focar complet ecranat utilizat la cazanul de 1035 t/h a fost necesar să se adopte soluții care să mențină un regim termic ridicat, în special în zona de aprindere a prafului de cărbune, fără însă a depăși nivelul temperaturii critice la care pot apărea zgurificări. Aceste soluții s-au concretizat prin fluxul de căldură generat de grătarul de postardere, care arde în continuare cantitățile de zgură căzute în pîlnia focarului și prin aportul adus de brîul refractar. În plus, creșterea debitului de cărbune măcinat a permis introducerea în focar a unei cantități mărite de căldură, ceea ce a determinat ridicarea valorilor coeficienților de încărcare termică a focarului ($q_v \approx 350$ MJ/m^3 și $q_s \approx 12\,555$ MJ/m^{2}h), cu efect direct pozitiv asupra stabilității arderii.

Încercările efectuate au arătat că funcționarea fără păcură poate fi realizată în domeniul de sarcini 200 MW — 330 MW, deci de la 60% din sarcina nominală, rezultat deosebit de favorabil dacă se compară cu alte construcții de cazane și dacă se iau în considerare proprietățile slabe de ardere ale ligniților românești.

În situația asigurării unei alimentări continue, cu 4—5 mori în funcțiune, arderea ligniților cu putere calorifică inferioară de peste 6,3 MJ/kg în cazanul de 1035 t/h nu necesită aport de păcură în domeniul de sarcini menționat. Pentru perioade de scurtă durată (15—20 min) se poate funcționa și cu sarcini mai scăzute și număr redus de mori.

Sub 200 MW este necesară folosirea păcurii de stabilizare a arderii, avînd un aport caloric de 3,5—6% (realizabil cu miniinjectoare).

6. Pierderile de căldură și randamente

În perioada experimentărilor de la Rovinari au fost efectuate șase încercări termotehnice cu regimuri fără aport de păcură, la sarcini cuprinse între 187 MW și 320 MW. În acest timp PIP-urile nu au fost în funcțiune (cu excepția ultimei încercări).

S-au obținut următoarele rezultate:

Calitatea cărbunelui s-a situat între 5,7 și 8 MJ/kg. Debitul mediu pe moară a variat între 87,2 t/h și 98,7 t/h, în corelație cu sarcina cazanului și calitatea cărbunelui. Pierderile de căldură pin ardere mecanic incompletă s-au situat la valori relativ mari (2,1 — 6,2%), din care 2/3 se semnalează în cenușa zburătoare, ca urmare a particulelor de xilită antrenate în focar și care nu ard complet pînă la finele focarului.

Excesele de aer s-au încadrat în valorile din proiect, determinînd pierderi la coș de 7—10%.

Randamentele determinate pe cale directă sînt sub valorile din proiect pentru încercările efectuate cînd cazanul a fost alimentat cu lignit în banda de calitate (83—86%) și peste valoarea de proiect în cadrul ultimei încercări, cînd lignitul a avut o putere calorifică inferioară de peste 8 MJ/kg (89 %). Valoarea de 83% a fost obținută la o sarcină de 187 MW.

La cazanul 4 din CTE Turceni măsurătorile au dovedit că debitul maxim continuu la funcționarea cu cinci mori, avînd un debit mediu

corespunzător unui ciclu de înlocuire a ciocanelor de 360 ore, este de:

— 960 t/h cu lignit cu puterea calorifică inferioară de 6,7 MJ/kg;

— 880 t/h pentru 6,3 MJ/kg;

— 800 t/h pentru 5,85 MJ/kg.

Randamentul obținut la sarcina nominală a fost de 85,9%.

7. Concluzii

1. Prin îmbunătățirile efectuate la cazanele 6 din CTE Rovinari și 4 din CTE Turceni a crescut sarcina pe bloc la 280—300 MW la funcționarea cu cinci mori, cu cărbune având o putere calorifică situată în jurul valorii de calcul de 6,7 MJ/kg. Creșterea puterii medii față de cazanele nemodificate este de 50—70MW.

2. Funcționarea fără păcură este posibilă la sarcini de peste 60% (200 MW) în condițiile alimentării continue cu cărbune situat în banda de calitate (de peste 6,3 MJ/kg).

La sarcini mai reduse decît cea menționată, este posibilă, pentru stabilizarea arderii, funcționarea cu un aport caloric al păcurii de 3,5—6%, realizabil prin miniinjectoare.

3. Debitul morilor se situează la funcționarea cu cinci mori, la valori medii de 92—93 t/h.

Concentratorul de praf inerțial are o eficiență scăzută, recomandîndu-se renunțarea la această dotare.

4. Brîul refractar și-a dovedit eficiența funcțională.

5. Grătarul de postardere se comportă corespunzător, avînd o bună eficiență în stabilitatea procesului de ardere.

Procentul de substanțe combustibile nearse regăsite în zgură are valori cuprinse între 22—45% la CTE Rovinari și 15—20% la CTE Turceni. Factorul de reținere al cenușii în focar este de 2—5%. Pierderile de căldură prin ardere mecanic incompletă sînt cuprinse între 2 și 6%.

Eficiența grătarului este apropiată de valoarea de proiect: 56% față de 60%. Temperaturile în frontul de flacără de deasupra grătarului prezintă valori cuprinse între 1575 K și 1875 K.

Debitul de aer terțiar măsurat pe cele două ramuri s-a situat la Rovinari sub valoarea din proiect (40 000 — 50 000 Nm^3/h față de 124 000 Nm^3/h), ceea ce a determinat în mare măsură procentul relativ ridicat de nearse în zgură. Pierderile de presiune calculate confirmă valorile scăzute ale debitului de aer terțiar. La CTE Turceni, unde debitul de aer terțiar este apropiat de valoarea de proiect, procentul de nearse în zgură are valori mai mici.

6. Randamentul cazanului se situează între 83 și 86,84% pentru cărbunele din banda de calitate și a atins valoarea de 89% pentru un lignit de peste 8 MJ/kg.

Pierderile de căldură prin ardere mecanic incompletă referitoare la cenușa zburătoare prezintă valori relativ ridicate (2,5—4,5%), ca urmare a finеții grosiere și umidității ridicate a prafului de cărbune. Pierderile de căldură la coș au valori normale (7—10%).

Se semnalează posibilități de îmbunătățire a randamentului prin creșterea debitului de aer terțiar insuflat sub grătar.

(Primit la 2 aprilie 1983, acceptat la 4 august 1983)

Creșterea siguranței în funcționare a sistemului energetic și a elementelor acestuia

Modelarea sistemului automat de reglare a excitației (SRAE) aferent grupurilor din centrala Porțile de Fier 1

II. Modelul matematic intrare-stare-ieșire

Dr. ing. T. L. Dragomir, dr. ing. Șt. Preitl, ing. Șt. Kilyeni*)

Considerații generale asupra modelului SRAE

În partea I a lucrării (Energetica 31 (1983), nr. 10, p. 444) s-a prezentat schema bloc a SRAE cu care sînt echipate generatoarele din centrala Porțile de Fier 1, obținută prin identificare parametrică experimentală. Pe baza schemei menționate, în această a doua parte a lucrării se obține modelul matematic în domeniul timp al SRAE, sub forma „intrare-stare-ieșire", model care va fi utilizat pentru implementarea SRAE cu acțiune intensivă în programul de calcul COKSSTAB pentru analiza regimurilor dinamice ale sistemelor electroenergetice (SEE) și optimizarea parametrilor reglabili ai SRAE [1].

Individualizînd în ansamblul SEE doar SRAE aferent generatoarelor de la Porțile de Fier 1, rezultă schema informațională de principiu, prezentată în figura II.1. Ea evidențiază mărimile de intrare și mărimile de ieșire ale SRAE.

*) Șef lucr. dr. ing. Dragomir Toma-Leonida, șef lucr. dr. ing. Preitl Ștefan, și șef lucr. ing. Kilyeni Ștefan sînt cadre didactice la Institutul Politehnic „Traian Vuia" Timișoara, Facultatea de electrotehnică.

Mărimile de intrare ale SRAE sînt următoarele:

U — tensiunea la bornele generatorului;
$I_r = I \sin \varphi$ — componenta reactivă a curentului debitat de generator;
Q — puterea reactivă debitată de generator;
β_f — faza tensiunii la barele de 220 kV;
I_d — componenta după axa d a curentului debitat de generator;
I_E — curentul de excitație al generatorului;
U_c — tensiunea de consemn a regulatorului (mărime de prescriere);
U_{FR} — tensiunea de alimentare a blocului de forțare prin relee.

Mărimea de ieșire a regulatorului este tensiunea de excitație U_E.

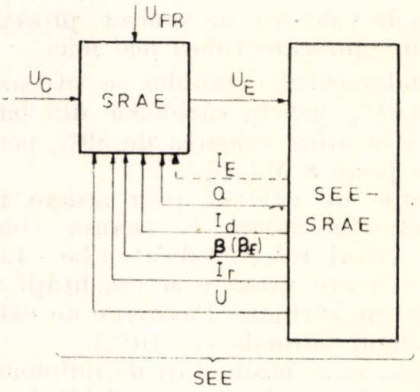


Fig. II.1. Individualizarea SRAE în cadrul SEE.

Stabilirea modelului matematic al SRAE se face în două etape, de la simplu la complex:

— stabilirea modelelor matematice intrare-stare-ieșire ale blocurilor componente ale SRAE, considerînd ca puncte de plecare funcțiile de transfer indicate în figura I.1 și precizările din paragraful I.3.3, cu privire la blocurile cu acțiune discontinuă și limitări;

— stabilirea modelului matematic intrare-stare-ieșire al întregului SRAE prin asamblarea potrivită a modelelor matematice sus-menționate.

Situațiile care au apărut la asocierea de ecuații de stare pentru diferitele blocuri din figura I.1 au fost rezumate în anexa II.1. [2]. În această anexă s-au notat cu x_i, $i = \overline{1,5}$, variabilele de stare care nu au un sens fizic bine precizat.

Notațiile utilizate în cadrul lucrării sînt:

$\underline{x}$, $\underline{a}$, $\underline{b}$, $\underline{c}$, $\underline{d}$ — vectori coloană,
$\underline{A}$, $\underline{B}$, $\underline{C}$, $\underline{D}$ — matrice,
$\underline{v}'$, $\underline{M}'$ — transpusele vectorului $\underline{v}$ și matricei $\underline{M}$,
$\underline{I}_p$ — matrice unitate de rang p,
$\underline{O}$ — matrice cu toate elementele nule,
$\underline{O}_p$ — vector cu p elemente, toate nule,

$\dot{F} = \dfrac{dF}{dt}$; $\dot{F} = [\underline{F}]^{\cdot} = \dfrac{d\underline{F}}{dt}$,

, — — — — simboluri corespunzătoare partiționării pe coloane a matricelor, respectiv pe linii a vectorilor.

Pentru toate mărimile care intervin în relații se precizează și unitățile de măsură; notația „u.r.s" semnifică „unități relative sistem", sistem de unități relative, cu mărimi de bază unice, utilizat la analiza regimurilor dinamice ale SEE [1].

II.1. Ecuațiile blocurilor componente ale SRAE

II.1.1. *Blocul de tensiune*

Blocul de tensiune are ca mărimi de intrare tensiunea la borne U, curentul reactiv I_r și tensiunea de consemn U_c, iar ca mărimi de ieșire curenții $i_{\Delta U}$ și $i_{U'}$ (fig. I.1). Modelul matematic intrare-stare-ieșire este:

$$\begin{bmatrix} U_1 \\ i_{U'} \end{bmatrix}^{\cdot} = \underbrace{\begin{bmatrix} -71{,}4286 & 0 \\ -16{,}3577 & \dfrac{381{,}679}{n_{U'}} \end{bmatrix}}_{\underline{A}_{BT}} \begin{bmatrix} U_1 \\ i_{U'} \end{bmatrix} +$$

$$+ \underbrace{\begin{bmatrix} 90{,}7029 \\ 207{,}716 \end{bmatrix}}_{\underline{b}_{BT1}} \underbrace{\begin{bmatrix} -47{,}0557\, K_Q K_S & 0 \\ -10{,}7761\, K_Q K_S & 0 \end{bmatrix}}_{\underline{b}_{BT2}} \begin{bmatrix} U \\ I_r \\ U_c \end{bmatrix} \quad \text{(II.1.1)}$$

$$\begin{bmatrix} i_{\Delta U} \\ i_{U'} \end{bmatrix} = \underbrace{\begin{bmatrix} K_U & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}}_{\underline{C}_{BT}} \begin{bmatrix} U_1 \\ i_{U'} \end{bmatrix} + \underbrace{\begin{bmatrix} 0 & 0 & -K_{\Delta U} \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}}_{\underline{d}_{BT}} \begin{bmatrix} U \\ I_r \\ U_c \end{bmatrix}. \quad \text{(II.1.2)}$$

Mărimile care apar în aceste ecuații au unitățile de măsură: U_1^V, $i_{U'}^{mA}$, U^{kV}, I_r^{kA}, U_c^V. Parametrii $K_{\Delta U}$, n_U și K_S sînt constanți și pot lua valorile menționate în paragraful I.3.2.1. Coeficientul K_Q ia valoarea 1 atunci cînd se realizează compoundajul și valoarea **0** în caz contrar.

Notînd cu:

$$\underline{x}_{BT} := [U_1 \;\; i_{U'}]' \quad \text{(II.2)}$$

vectorul de stare al subsistemului „bloc de tensiune" și folosind notațiile de sub acolade, ecuațiile (II.1) devin:

$$\dot{\underline{x}}_{BT} = \underline{A}_{BT}\underline{x}_{BT} + [\underline{b}_{BT1}\underline{b}_{BT2}\underline{O}_2] \begin{bmatrix} U \\ I_r \\ U_c \end{bmatrix}; \quad \text{(II.1'.1)}$$

$$\begin{bmatrix} i_{\Delta U} \\ i_{U'} \end{bmatrix} = \underline{C}_{BT}\underline{x}_{BT} + [\underline{O}_2\underline{O}_2\underline{d}_{BT}] \begin{bmatrix} U \\ I_r \\ U_c \end{bmatrix}. \quad \text{(II.1'2)}$$

II.1.2. *Blocul de frecvență*

Blocul de frecvență are ca mărime de intrare faza β_f, iar ca mărimi de ieșire curenții $i_{\Delta f}$ și $i_{\Delta f'}$ (fig. I.1). Modelul matematic intrare-stare-ieșire aferent este:

$$\begin{bmatrix} \dot{\beta} \\ \dot{U}_{\Delta f} \\ \dot{i}_{\Delta f} \\ \dot{i}_{\Delta f'} \end{bmatrix} = \underbrace{\begin{bmatrix} -1/(2\pi T_\beta) & 0 & 0 & 0 \\ -8{,}14188 \cdot k_{RF}(U_{\Delta f})/T_\beta & -7{,}14285 \cdot k_{RF}(U_{\Delta f}) & 0 & 0 \\ \dfrac{-0{,}024425 \cdot n_{\Delta f}/T_\beta}{0{,}81 + 0{,}0126 \cdot n_{\Delta f}} & \dfrac{0{,}0214285 \cdot n_{\Delta f}}{0{,}81 + 0{,}0126 \cdot n_{\Delta f}} & -\dfrac{1}{0{,}81 + 0{,}0126 \cdot n_{\Delta f}} & \dfrac{400}{n_{\Delta f'}} \\ 1970{,}33/T_\beta & -1{,}72857 & 0 & \end{bmatrix}}_{\underline{A}_{BF}} \begin{bmatrix} \beta \\ U_{\Delta f} \\ i_{\Delta f} \\ i_{\Delta f'} \end{bmatrix} + \underbrace{\begin{bmatrix} 1/(2\pi T_\beta) \\ -8{,}14188 \cdot k_{RF}(U_{\Delta f})/T_\beta \\ \dfrac{-0{,}024425 \cdot n_{\Delta f}/T_\beta}{0{,}81 + 0{,}0126 \cdot n_{\Delta f}} \\ 1970{,}33/T_\beta \end{bmatrix}}_{\underline{b}_{BF}} \cdot \beta_f \qquad \text{(II.3.1)}$$

$$\begin{bmatrix} i_{\Delta f} \\ i_{\Delta f'} \end{bmatrix} = \underbrace{\begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}}_{\underline{C}_{BF}} \begin{bmatrix} \beta \\ U_{\Delta f} \\ i_{\Delta f} \\ i_{\Delta f'} \end{bmatrix} \qquad \text{(II.3.2)}$$

Mărimile din aceste ecuații au unitățile de măsură: β^{rad}, $U^{V}_{\Delta f}$, $i^{mA}_{\Delta f}$ $i^{mA}_{\Delta f'}$, β^{rad}_{f}. Parametrii T_β, $n_{\Delta f}$ și $n_{\Delta f'}$ sînt constanți, avînd valori corespunzătoare precizărilor de la paragraful 1.3.2.2. Prin $k_{RF}(U_{\Delta f})$ se surprinde analitic saturarea ieșirii traductorului de frecvență la atingerea nivelurilor de ± 100 V:

$$k_{RF}(U_{\Delta f}) = \begin{cases} 1 \text{ pentru} \begin{cases} -100 \text{ V} < U_{\Delta f} < 100 \text{ V} \\ U_{\Delta f} = 100 \text{ V}, \ \dot{U}_{\Delta f} < 0 \\ U_{\Delta f} = -100 \text{ V}, \ \dot{U}_{\Delta f} > 0 \end{cases} \\ 0 \text{ pentru} \begin{cases} U_{\Delta f} = 100 \text{ V}, \ \dot{U}_{\Delta f} > 0 \\ U_{\Delta f} = -100 \text{ V}, \ \dot{U}_{\Delta f} < 0 \end{cases} \end{cases} \qquad \text{(II.4)}$$

Notînd cu:

$$\underline{x}_{BF} = [\beta \ \ U_{\Delta f} \ \ i_{\Delta f} \ i_{\Delta f'}] \qquad \text{(II.5)}$$

vectorul de stare al subsistemului „bloc de frecvență" și folosind notațiile de sub acolade, ecuațiile (II.3) capătă aspectul:

$$\dot{\underline{x}}_{BF} = \underline{A}_{BF}(\underline{x}_{BF}) \cdot \underline{x}_{BF} + \underline{b}_{BF}(\underline{x}_{BF}) \cdot \beta_f \qquad \text{(II.3'.1)}$$

$$\begin{bmatrix} i_{\Delta f} \\ i_{\Delta f'} \end{bmatrix} = \underline{C}_{BF} \cdot \underline{x}_{BF}. \qquad \text{(II.3'.2)}$$

Matricele $\underline{A}_{BF}$ și $\underline{b}_{BF}$ au ca argument pe $U_{\Delta f}$, dar întrucît $U_{\Delta f}$ apare în scrierea matricială prin $\underline{x}_{BF}$, s-a notat $\underline{A}_{BF}(\underline{x}_{BF})$ și $\underline{b}_{BF}(\underline{x}_{BF})$ în loc de $\underline{A}_{BF}(U_{\Delta f})$ și $\underline{b}_{BF}(U_{\Delta f})$.

II.1.3. *Blocul curentului rotoric*

Blocul curentului rotoric are ca mărime de ieșire curentul i_{rot}, iar ca mărime de intrare curentul I_E, care, așa cum se arată în figura II.2, se obține în funcție de tensiunea de excitație U_E (situație redată în figura II.1, care din punctul de vedere al SRAE corespunde figurii I.1, prin reprezentarea săgeții lui I_E cu linie întreruptă) și de curentul I_d conform relației operaționale:

$$I_E(s) = \frac{4{,}8 \cdot (1 + T_D s)}{(1 + T'_{do} \cdot s)\ (1 + T''_{do} \cdot s)} U_{E2}(s) + \frac{1800 \cdot X_{dh}\, s(1 + T'_D s)}{U_{En}(1 + T'_{do} \cdot s)(1 + T''_{do} \cdot s)} I_d(s) \qquad \text{(II.6)}$$

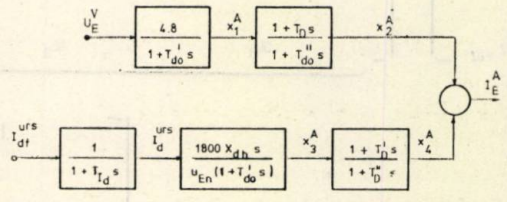


Fig. II.2. Schema bloc informațională corespunzătoare obținerii curentului de excitație.

Cele două mărimi din membrul drept al relației (II.6) au un caracter diferit și se tratează în mod diferit:

— prin mărimea U_{E2} se realizează în fond o reacție internă, mărimea prezentînd o variație continuă în timp;

— prin mărimea I_d se realizează o reacție externă SRAE, mărimea prezentînd pe durata unui pas de circulație o variație exponențială, cu constanta de timp T_{Id}, între două valori succesive ale lui I_d obținute din circulația de puteri și notate în general cu I_{df}. Așadar:

$$I_d(s) = \frac{1}{1 + T_{Id} s} I_{df}(s), \qquad \text{(II.7)}$$

obținîndu-se schema bloc din figura II.2, care, în ipoteza mai sus precizată, completează schema din figura I.1.

În relațiile (II.6) și (II.7) mărimile care apar se exprimă în : I_E^A, U_E^V, $U_{En}^{\text{u.r.s.}}$, $I_d^{\text{u.r.s.}}$, $I_{df}^{\text{u.r.s.}}$, $T_D^{\text{u.r.s.}}$, $T_D'^{\text{u.r.s.}}$, $T_{do}'^{\text{u.r.s.}}$, $T_{do}''^{\text{u.r.s.}}$, $X_{dh}^{\text{u.r.s.}}$, iar $T_{.d}^{s}$. În relația (II.6) operatorul s este exprimat, de asemenea, în u.r.s. :

$$s^{\text{u.r.s.}} = \left(\frac{d}{dt}\right)^{\text{u.r.s.}} = \frac{d}{dt^{\text{u.r.s.}}} = \frac{d}{d\,\frac{t^s}{t_b}} =$$

$$= t_b \frac{d}{dt^s} = \frac{1}{314} \cdot \frac{d}{dt^s}. \qquad \text{(II.8)}$$

Modelul matematic intrare-stare-ieșire al blocului curentului rotoric rezultat prin transcrierea modelelor matematice operaționale din figura II.2 și părții aferente din figura I.1 are aspectul (II.9). S-a notat :

$$\alpha_1 = -\frac{1}{0{,}052 + 1{,}29 \cdot 10^{-3} \cdot n_{I_{rot}}},$$

$$\alpha_2 = 376{,}8 \cdot 10^{-5} \frac{n_{I_{rot}}}{T_{do}''} \alpha_1,$$

$$\alpha_3 = -\left(1 - \frac{T_D}{T_{do}'}\right) \alpha_1,$$

$$\alpha_4 = 2160 \cdot 10^{-5} \frac{n_{I\,rot} X_{dh} T_D'}{U_{En} T_{do}' T_{do}'' T_{Id}} \alpha_1.$$

$$\begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ I_d \\ x_3 \\ x_4 \\ i_{I\,rot} \end{bmatrix}' = \underbrace{\begin{bmatrix} -\frac{314}{T_{do}'} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \frac{314}{T_{do}''}\left(1 - \frac{T_D}{T_{do}'}\right) & -\frac{314}{T_{do}''} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -\frac{1}{T_{Id}} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -\frac{1800 \cdot X_{dh}}{U_{En} T_{do}' T_{Id}} & -\frac{314}{T_{do}'} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -\frac{1800 \cdot X_{dh} T_D'}{U_{En} T_{do}' T_{do}'' T_{Id}} & \frac{314}{T_{do}''} & -\frac{314}{T_{do}''} & 0 \\ \alpha_3 & \alpha_2 & \alpha_4 & -\alpha_2 & \alpha_2 & \alpha_1 \end{bmatrix}}_{\underline{A}_{BCR}} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ I_d \\ x_3 \\ x_4 \\ i_{I\,rot} \end{bmatrix} +$$

$$+ \underbrace{\begin{bmatrix} \frac{1507{,}2}{T_{do}'} \\ \frac{1507{,}2 \cdot T_D}{T_{do}' T_{do}''} \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1808{,}64 \frac{T_{D\,1}}{T_{do}' T_{do}''} \end{bmatrix}}_{\underline{b}_{BCRi}} U_{E32} + \underbrace{\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \frac{1}{T_{Id}} \\ \frac{1800 \cdot X_{dh}}{U_{En} T_{do}' T_{Id}} \\ \frac{1800 \cdot X_{dh} T_D'}{U_{En} T_{do}' T_{do}'' T_{Id}} \\ -\alpha_4 \end{bmatrix}}_{\underline{b}_{BCRe}} I_{df} \qquad \text{(II.9.1)}$$

$$[i_{I\,rot}] = \underbrace{[0 \;\; 0 \;\; 0 \;\; 0 \;\; 0 \;\; 1]}_{\underline{c}'_{BCR}} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ I_d \\ x_3 \\ x_4 \\ i_{I\,rot} \end{bmatrix} \qquad \text{(II.9.2)}$$

Mărimile din aceste ecuații au unitățile de măsură: x_1^{A}, x_2^{A}, $I_d^{u.r.s.}$, x_3^{A}, x_4^{A}, $i_{I_{rot}}^{mA}$, U_{E2}^{V}, $I_{df}^{u.r.s.}$, iar timpul se consideră în secunde. Parametrul $n_{I_{rot}}$ are semnificația de la paragraful I.3.2.3. Notînd cu:

$$\underline{x}_{BCR} = [x_1 \; x_2 \; I_d \; x_3 \; x_4 \; i_{I_{rot}}]' \qquad (II.10)$$

vectorul de stare al subsistemului „bloc curent rotoric" și făcînd uz de notațiile de sub acolade, ecuațiile (II.9) capătă aspectul:

$$\dot{\underline{x}}_{BCR} = \underline{A}_{BCR}\,\underline{x}_{BCR} + \underline{b}_{BCRi}\,U_{E2} + \underline{b}_{BCRe}\,I_{df} \qquad (II.9'.1)$$

$$[i_{I_{rot}}] = \underline{c}'_{BCR}\,\underline{x}_{BCR} \qquad (II.9'.2)$$

Variabilele de stare $x_1,\ldots,x_4$ apar și în figura II.2, x_2 și x_4 avînd semnificația de componente ale curentului de excitație determinate de U_E, respectiv I_d.

II.1.4. *Blocul forțare prin relee*

Blocul forțare prin relee are ca mărime de ieșire curentul i_R, iar ca mărime de intrare tensiunea U_{FR}, care, în funcție de condițiile de conectare și deconectare, poate lua două valori: $U_{FR} = 24$ V sau $U_{FR} = 0$ V. Pentru simplificare se consideră $U_{FR} = 24$ V, iar ca mărime de intrare produsul $K_{FR}U_{FR}$, unde:

$$K_{FR}(U,\,t) = \begin{cases} 1 \text{ atunci cînd blocul este conectat} \\ 0 \text{ atunci cînd blocul este deconectat} \end{cases} \qquad (II.11)$$

dependența $K_{FR}(U,\,t)$ redînd condiționările de la pct. I.3.3.1.

Pe baza figurii I.1 și a considerentelor de mai sus se obține ecuația de stare:

$$(i_R)^{\cdot} = \underbrace{-58{,}1395 \cdot K_{FR}}_{a_{BFR}(U,\,t)} \cdot i_R + \underbrace{1{,}16 \cdot K_{FR}}_{b_{BFR}(U,\,t)} \cdot U_{FR} \qquad (II.12)$$

sau, cu notația făcută,

$$(i_R)^{\cdot} = a_{BFR}(U,\,t) \cdot i_R + b_{BFR}(U,\,t) \cdot U_{FR} \qquad (II.12')$$

În aceste ecuații se lucrează cu următoarele unități de măsură: i_R^{mA}, U_{FR}^{V}.

II.1.5. *Blocul reacțiilor interne*

Blocul reacțiilor interne are două mărimi de ieșire, curenții i_{RIE} și i_{RIR}, și o mărime de intrare pe U_{E2}. Schema bloc din figura I.1 conduce la un model matematic intrare-stare-ieșire de ordinul I:

$$\dot{x}_5 = \underbrace{-41{,}6666 \cdot x_5}_{a_{BRI}} + \underbrace{334{,}490 \cdot 10^{-5} \cdot n_{RIE}}_{b_{BRI}} \cdot U_{E2}, \qquad (II.13.1)$$

$$\begin{bmatrix} i_{RIR} \\ i_{RIE} \end{bmatrix} = \underbrace{\begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}}_{\underline{c}_{BRI}} x_5 + \underbrace{\begin{bmatrix} 1{,}4 \cdot 10^{-4} \cdot n_{RIR} \\ 8{,}02778 \cdot 10^{-5} \cdot n_{RIE} \end{bmatrix}}_{\underline{d}_{BRI}} U_{E2}. \qquad (II.13.2)$$

Cu notațiile făcute sub acolade, ecuațiile (II.12) devin:

$$\dot{x}_5 = a_{BRI}\,x_5 + b_{BRI}U_{E2} \qquad (II.13'.1)$$

$$\begin{bmatrix} i_{RIR} \\ i_{RIE} \end{bmatrix} = \underline{c}_{BRI}\,x_5 + \underline{d}_{BRI}\,U_{E2} \qquad (II.13'.2)$$

Variabila x_5 nu are un sens fizic nemijlocit. Parametrii n_{RIR} și n_{RIE} se tratează conform paragrafului I.3.2.4. Unitățile de măsură utilizate sînt: i_{RIR}^{mA}, i_{RIE}^{mA}, x_5^{mA} și U_{E2}^{V}.

II.1.6. *Blocul „limitare excitație minimă"*

Blocul „limitare excitație minimă" are ca mărime de ieșire curentul i_{LEM}. Condiționarea prezenței mărimii de intrare I_r de către puterea reactivă Q se ia în considerație prin coeficientul $K^*_{LEM}(Q)$. Pe baza schemei bloc din figura I.1 se obține ecuația de stare:

$$(i_{LEM})^{\cdot} = \underbrace{-\frac{1}{T_{LEM}(\dot{I}_r)}}_{a_{BLEM}(\dot{I}_r)} \cdot i_{LEM} + \underbrace{\frac{1}{T_{LEM}(\dot{I}_r)}}_{b_{BLEM}(\dot{I}_r,\,Q)} K^*_{LEM}(Q) \cdot I_r, \qquad (II.14)$$

în care, în acord cu paragraful I.3.3.2:

$$T_{LEM}(\dot{I}_r) = \begin{cases} 0{,}27 \; s \text{ cînd } \dot{I}_r > 0 \\ 0{,}875 \; s \text{ cînd } \dot{I}_r < 0 \end{cases}; \qquad (II.13)$$

$$K^*_{LEM}(Q) = \begin{cases} 0 \text{ pentru } Q > -80 \text{ MVAr} \\ 1 \text{ pentru } Q \leqslant -80 \text{ MVAr} \end{cases}$$

Utilizînd notațiile de sub acolade, ecuația (II.14) devine:

$$(i_{LEM})^{\cdot} = a_{BLEM}(\dot{I}_r) \cdot i_{LEM} + b_{BLEM}(\dot{I}_r,\,Q) \cdot I_r.$$

Unitățile de măsură ale celor doi curenți sînt: i_{LEM}^{mA}, $I_r^{u.r.s.}$.

II.1.7 *Blocul de comandă*

Blocul de comandă are ca mărimi de intrare curenții de la ieșirea blocurilor de la punctele anterioare, curenți care sînt însumați ponderat de către amplificatorul sumator Σ, iar ca

mărime de ieșire tensiunea U_{AF}. Și în acest caz apare o singură ecuație de stare:

$$[U_{AF}]' = \left[-\frac{k_{LC}(U_{AF})}{0{,}125 + 0{,}0125 \cdot n_{RA}} \right] [U_{AF}] + \frac{105 \cdot k_{LC}(U_{AF})}{0{,}125 + 0{,}0125 \cdot n_{RA}} \cdot$$

$$\cdot \begin{bmatrix} -2 \\ K_{U'} \\ 3K_{\Delta f} K_{FR}(f, \dot{f}, U) \\ 6K_{FR}\, K_{\Delta f'} \\ -3K_{I_{rot}} \\ 2K_R \\ -K_{RIR} \\ -K_{RIE} \\ 6K_{LEM} \end{bmatrix}' \begin{bmatrix} i_{\Delta U} \\ i_{U'} \\ i_{\Delta f} \\ i_{\Delta f'} \\ i_{I_{rot}} \\ i_R \\ i_{RIR} \\ i_{RIE} \\ i_{LEM} \end{bmatrix} \quad \text{(II.15)}$$

În această ecuație toți curenții se exprimă în miliamperi, iar U_{AF} în volți. Coeficientul

$$k_{LC}(U_{AF}) = \begin{cases} 1 \text{ pentru } \begin{cases} -25\,V < U_{AF} < 25\text{V} \\ U_{AF} = 25\ \text{V},\ \dot{U}_{AF} < 0 \\ U_{AF} = -25\ \text{V},\ \dot{U}_{AF} > 0 \end{cases} \\ 0 \text{ pentru } \begin{cases} U_{AF} = 25\ \text{V},\ \dot{U}_{AF} > 0 \\ U_{AF} = -25\ \text{V},\ \dot{U}_{AF} < 0 \end{cases} \end{cases} \quad \text{(II.16)}$$

redă analitic saturarea ieșirii blocului de comandă la atingerea de către U_{AF} a nivelurilor de ± 25 V.

Coeficienții $K_{U'}$, $K_{\Delta f}$, $K_{\Delta f'}$, $K_{I_{rot}}$, K_R, K_{RIR}, K_{RIE} și K_{LEM} corespund canalelor: derivatei tensiunii, abaterii frecvenței, derivatei abaterii frecvenței, derivatei curentului rotoric, forțării prin relee, reacției rigide, reacției elastice și limitării excitației minime. Ei iau valoarea 1 atunci cînd canalul aferent este conectat și valoarea 0 în caz contrar. Coeficientul K_{RF} corespunde releului de frecvență:

$$K_{RF}(f, \dot{f}, U) = \begin{cases} 0 \text{ cînd releul de frecvență este deconectat} \\ 1 \text{ cînd releul de frecvență este conectat} \end{cases} \quad \text{(II.17)}$$

prin $K_{RF}(f, \dot{f}, U)$ redîndu-se dependențele (I.3.1) + (I.4.2) de la punctul I.3.3.3.

II.1.8. *Blocul de execuție*

Blocul de execuție are ca mărime de ieșire principală tensiunea U_E, ca mărime de ieșire auxiliară pe U_{E2}, iar ca mărime de intrare tensiunea U_{AF}. În acord cu schema bloc din figura I.1 și cu cele precizate la paragraful I.3.3.4, rezultă dependențele:

$$U_{E2} = f(U_{E1}, I_E) = U_{E2}(\underline{x}_{BCR}, U_{AF}) \quad \text{(II.18)}$$

$$U_E = U_{E2}(\underline{x}_{BCR}, U_{AF}) + 285 \quad \text{(II.19)}$$

În aceste relații toate tensiunile se exprimă în V: U^{V}_{E2}, U^{V}_{E1}, U^{V}_{AF}, U^{V}_{E}, iar $\underline{x}_{BCR}$ conform precizărilor de la paragraful II.2.3.

Funcția $f(U_{E1}, I_E)$ exprimă dependența neliniară (I.5), iar $U_{E2}(\underline{x}_{BCR}, U_{AF})$ imaginea acestei dependențe prin schimbările de variabilă $U_{E1} = 56{,}25\ U_{AF}$, $I_E = [0\ 1\ 0\ 0\ 1\ 0]\underline{x}_{BCR}$, impuse de variabilele de stare utilizate pînă aici:

$$U_{E2}(\underline{x}_{BCR}, U_{AF}) = \begin{cases} 56{,}25\ U_{AF} \text{ pentru } -\dfrac{835}{56{,}25} < U_{AF} < \dfrac{605}{56{,}25} \\ 605 \quad \text{pentru } U_{AF} \geq \dfrac{605}{56{,}25} \text{ și } x_2 + x_4 < 3400 \\ 345 \quad \text{pentru } x_2 + x_4 \geq 3400,\ (\forall)\ U_{AF} \\ -835 \quad \text{pentru } U_{AF} \leq -\dfrac{835}{56{,}25} \end{cases} \quad \text{(II.20)}$$

Se observă că relația (II.19) reproduce relația (I.6).

II.2. Modelul matematic intrare-stare-ieșire al SRAE

Ecuațiile de stare ale SRAE rezultă prin combinarea potrivită a modelelor matematice intrare-stare-ieșire ale blocurilor componente ale SRAE. Astfel, ele se obțin din ecuațiile (II.1'), (II.3'), (II.9'), (II.12'), (II.13'), (II.14'), (II.15) și (II.18) prin eliminarea curenților grupați în ultimul vector al relației (II.15) și prin eliminarea mărimii U_{E2}. Făcînd notațiile (II.21), ecuațiile de stare ale SRAE capătă aspectul (II.22).

$$k_c(U_{AF}) = \frac{105 \cdot k_{LC}(U_{AF})}{0{,}125 + 0{,}0125 \cdot n_{RA}}$$

$$\underline{a}'_{BC1}(U_{AF}) = k_c(U_{AF})[-2K_U']\underline{C}_{BT}$$

$$\underline{a}'_{BC2}(f, \dot{f}, U, U_{AF}) = 3k_c(U_{AF})K_{RF}(f, \dot{f}, U)[K_{\Delta f} 2K_{\Delta f'}]$$

$$\underline{a}'_{BC3}(U_{AF}) = -3k_c(U_{AF})\, K_{I_{rot}}\, \underline{c}'_{BCR}$$

$$a_{BC4}(U_{AF}) = 2k_c(U_{AF})K_{FR}$$

$$a_{BC5}(U_{AF}) = -k_c(U_{AF})[K_{RIR}\, K_{RIE}]\underline{c}_{BRI}$$

$$a_{LC6}(U_{AF}) = 6k_c(U_{AF})K_{LEM}$$

$$a_{LC7}(U_{AF}) = -k_c(U_{AF})/105$$

$$b_{LC}(U_{AF}) = -k_c(U_{AF})[K_{RIR}K_{RIE}]\,\underline{d}_{BRI}$$

$$\underline{b}_{BC}(U_{AF}) = k_c(U_{AF})[-2K_U']\underline{d}_{BT} \quad \text{(II.21)}$$

$$\dot{\underline{x}}_{SRAE} = \begin{bmatrix} \underline{A}_{BT} & \underline{0} & \underline{0} & \underline{0} & \underline{0} & \underline{0} & \underline{0} \\ \underline{0} & \underline{A}_{BF}(\underline{x}_{BF}) & \underline{0} & \underline{0} & \underline{0} & \underline{0} & \underline{0} \\ \underline{0} & \underline{0} & \underline{A}_{BCR} & \underline{0} & \underline{0} & \underline{0} & \underline{0} \\ 0 & 0 & 0 & a_{BFR}(U, t) & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & a_{BRI} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & a_{BLEM}(\dot{I}_r) & 0 \\ \underline{a}'_{BC1}(U_{AF}) & \underline{a}'_{BC}(f, \dot{f}, U, U_{AF}) & \underline{a}'_{BC3}(U_{AF}) & a_{BC4}(U_{AF}) & a_{BC5}(U_{AF}) & a_{BC6}(U_{AF}) & a_{BC7}(U_{AF}) \end{bmatrix} \underline{x}_{SRAE} +$$

$$+ \begin{bmatrix} \underline{0} \\ \underline{0} \\ \underline{b}_{BCRi} \\ 0 \\ b_{BRI} \\ 0 \\ b_{BC}(U_{AF}) \end{bmatrix} U_{E2}(\underline{x}_{BCR}, U_{AF}) + \begin{bmatrix} \underline{b}_{BT1} & \underline{b}_{BT2} & \underline{0} & \underline{0} & \underline{0} & \underline{0} \\ \underline{0} & \underline{0} & \underline{0} & \underline{b}_{BF}(\underline{x}_{BF}) & \underline{0} & \underline{0} \\ \underline{0} & \underline{0} & \underline{0} & \underline{0} & \underline{b}_{BCRe} & \underline{0} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & b_{BFR}(U, t) \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & b_{BLEM}(\dot{I}_r, Q) & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & b_{BC}(U_{AF}) & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U \\ I_r \\ U_c \\ \beta_f \\ I_d \\ U_{FR} \end{bmatrix} \tag{II.22}$$

Cu $\underline{x}_{SRAE}$ s-a notat vectorul de stare:

$$\underline{x}_{SRAE} := [\underline{x}'_{BT}\ \underline{x}'_{BF}\ \underline{x}'_{BCR}\ i_R\ x_5\ i_{LEM} U_{AF}]'. \tag{II.23}$$

El are 16 componente scalare, astfel că modelul matematic al SRAE este un sistem neliniar de ordinul:

$$n_{SRAE} = 16. \tag{II.24}$$

Ca mărimi de ieșire, în afara variabilelor de stare din $\underline{x}_{SRAE}$ se consideră atît curenții $i_{\Delta U}$, i_{RIR}, i_{RIE}, i_E, cît și tensiunea U_E. Ele se obțin cu ecuațiile (II.25):

$$\begin{bmatrix} \underline{x}_{SRAE} \\ i_{\Delta U} \\ i_{RIR} \\ i_{RIE} \\ i_E \\ U_E - 285 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \underline{I}_{16} \\ K_{\Delta U}\ \underline{0}_{15} \\ \underline{0}'_{16} \\ \underline{0}'_{13} | 1 | \underline{0}'_2 \\ \underline{0}'_7 | 1 | \underline{0}'_2 | 1 | \underline{0}'_5 \\ \underline{0}_{16} \end{bmatrix} \underline{x}_{SRAE} +$$

$$+ \begin{bmatrix} \underline{0}_{17} \\ \underline{d}_{BRI} \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} U_{E2}(x_{BCR}, U_{AF}) +$$

$$+ \left[\begin{array}{c|c|c} \underline{0} & \begin{matrix} \underline{0}_{16} \\ \underline{d}_{BT} \\ \underline{0}_3 \end{matrix} & \underline{0} \end{array}\right] \begin{bmatrix} U \\ I_r \\ \hline U_c \\ \hline f \\ I_d \\ U_{FR} \end{bmatrix} \tag{II.25}$$

Ecuațiile (II.22) și (II.25) constituie modelul matematic intrare-stare-ieșire al SRAE. Aspectul modelului este asemănător cu cel al modelelor liniare. Pentru a evidenția neliniaritatea lui s-au explicitat argumentele tuturor matricelor celulare și ale tuturor elementelor scalare ce apar în matrice. Elementele neafectate de argumente sînt constante.

II.3. Concluzii

Schema bloc și modelul matematic obținut pentru SRAE, cu care sînt echipate generatoarele din centrala Porțile de Fier 1, constituie varianta de cea mai mare detaliere identificată pînă în prezent, încadrîndu-se la maximum în limitele utilității pentru scopul propus.

Datorită complexității, multifuncționalității și acțiunii intensive a SRAE, se impune ca o necesitate modelarea lui corectă și cuprinderea completă a modelului în analizele de regim ale sistemului electroenergetic în ansamblu. În cadrul acestor analize, modelul matematic al SRAE se atașează la ecuațiile care descriu funcționarea generatoarelor și sistemului automat de reglare al vitezei, fiind încadrate împreună în modelul matematic al ansamblului sistemului electroenergetic.

Modelul matematic prezentat, adus la o formă potrivită pentru a fi implementat într-un pachet de programe de calcul pentru analiza stabilității sistemelor electroenergetice complexe a fost utilizat la analiza unor regimuri de mici și mari perturbații, în vederea optimizării comportării SRAE, avînd în vedere ansamblul sistemului.

Tabel cu modele matematice intrare-ieșire și modele matematice intrare-stare-ieșire echivalente

Tipul elementului de transfer (ET)	Modele matematice echivalente		Variabile de stare utilizate în lucrare, apărute pe baza echivalării; ecuația aferentă
	Model matematic intrare-ieșire	Model matematic intrare-stare-ieșire	
ET-PT_1 (ET proporțional cu temporizare de ordinul întîi)	$y(s) = \frac{K}{1+sT}\, u(s)$	$\dot{x} = -\frac{1}{T}x + \frac{K}{T}u$ $y = x$ $\left(\dot{y} = -\frac{1}{T}y + \frac{K}{T}u\right)$ (*)	U_1; (II.1.1), β, $U_{\Delta f}$; (II.3.1) x_1, I_d; (II.9.1) i_R; (II.12) i_{LEM}; (II.14) U_{AF}; (II.15)
ET−DT_1 (ET derivativ cu temporizare de ordinul întîi)	$y(s) = \frac{Ks}{1+sT}\, u(s)$	$\dot{x} = -\frac{1}{T}x + \frac{K}{T}\dot{u}$ $y = x$ Această formă se utilizează în cazul cînd ET−DT_1 urmează înseriat unui ET−PT_1 sau ET−PDT_1, pentru care se folosește forma (*).	$i_{U'}$; (II.1.1) $i_{\Delta f}$, $i_{\Delta f'}$; (II.3.1) x_3, $i_{I_{rot}}$; (II.9.1)
		$\dot{x} = -\frac{1}{T}x + \frac{1}{T}u$ $y = -\frac{K}{T}x + \frac{K}{T}u$	x_5; (II.13.1)
ET−PDT_1 (ET proporțional-derivativ cu temporizare de ordinul întîi	$y(s) = K\frac{1+T_d s}{1+Ts}\, u(s)$	$\dot{x} = -\frac{1}{T}x + \frac{K}{T}u + K\frac{T_d}{T}\dot{u}$ $y = x$ Această formă se utilizează în cazul cînd ET−PDT_1 urmează înseriat unui ET−PT_1, pentru care se folosește forma (*)	x_2, x_4; (II.9.1)

Bibliografie

[1] Kilyeni, Șt.: *Model matematic și pachet de programe pentru analiza stabilității SEE complexe și optimizarea valorilor parametrilor SRAE*, partea I și II, Conferința Națională de Electrotehnică și Electroenergetică Timișoara, 1982, vol. 13, pp. 51–74.

[2] Dragomir, T. L., Preitl, Șt.: *Teoria sistemelor și a reglării automate*, Litografia I.P.T.V. Timișoara, 1978.

(Primit la 20 decembrie 1982, acceptat la 8 ianuarie 1983)

Problems Concerning the Single-Pole Automatic Reclosing of Extra High Voltage Lines

(Condensed from the paper in Romanian)

A. Cristovici, D.Sc., Anca Popescu D. Sc

General Considerations

Over 15 % of the failures with extra high voltage lines (400, 750 kV) are monophasic due to the large distance between phases. Under these circumstances, in order to ensure a continuous operation it is extremely important to provide a rapid monophasic reclosing since 70—80 % of the monophasic failures can be thus controlled.

At extra high voltage lines the arc formed initially when the faulty phase is disconnected from both ends is overfed by the capacitivy coupling between the faulty phase and the unfaulty phases in operation. The higher the voltage of the line and the longer the line, the greater is the current through the arc channel as well as its quenching duration. If the faulty phase is reclosed before the quenching of the arc or the arc space deionization, the reclosing will not be successful although the failure has been of short duration. It thus results that in the case of extra high voltage lines the percentage of successful automatic monophasic reclosing can decrease much if the possibilities to quench the arc are not correctly reckoned and it is overfed by capacitive coupling by its operating phases.

The paper presents some theoretical and practical effects referring to a successful monophasic reclosing with special reference to the approach of the problem for the 750 kV lines.

1. Aspects of Arc Quenching

From the laboratory tests carried out on the arc quenching under the effect of stretching by electrodynamic forces, it resulted that this is possible if the critical length, i.e. six times the initial arc length, is quenched.

From the experiments on 750 kV lines in the USSR it resulted 8,10 that for overfeeding currents between 60—90 A the arc length increases in a second only 1.5—2.5 times. It has been also noticed that an arc which is not quenched in 1—1.5 seconds reaches a stable burning regime. From the moment of the quenching a break of 0.35 s is needed for the arc channel deionization in order to avoid reignition.

In order to ensure the arc quenching in less than 0.3 seconds which permits the adopting of some rapid monophasic automatic reclosing breaks in the usual field, 0,7—1 seconds are needed in order to decrease overfeeding currents under the value of 30 A.

2. Solutions to Reduce Overfeeding Currents at a Monophasic Failure

2.1. *The calculation method of the arc overfeeding currents and restoration voltages values*

The faulty arc overfeeding on the disconnected phase is due to the capacitive coupling between the operating phases and the disconnected phase.

The value of the overfeeding current for a line which is uncompensated or compensated with ordinary reactance coils ($X_c = X_d$) is determined with relation :

$$I_s = E_f \frac{\omega(C_d - C_o)}{3} l = \frac{E_f}{3} Yd \cdot m_0 \quad [\text{kA}] \qquad (1)$$

where : E_f is the phase voltage, in kV ;

C_d — the direct specific line capacity, in F/km ;

C_0 — the specific homopolar line capacity, in F/km ;

l — the line length, in km ;

m_0 — the capacitive line dissymmetry defined by relation :

$$m_0 = \frac{C_d - C_0}{C_d},$$

C_{ff} — the specific capacity between the line phases, in F/km, defined by relation

$$C_{ff} = \frac{1}{3}(C_d - C_0) ;$$

Y_d — the direct line admittance defined by relation

$$Y_d = \omega C_d \, l$$

The restoration voltage on the disconnected phase is determined by following relations :

— for a line not compensated with a reactance coil :

$$U_r = E_f \frac{m_0}{3 - m_0} ; \qquad (2)$$

— for a line compensated with ordinary reactance coils :

$$U_r = E_f \frac{m_0}{3(1-K) - m_0} , \qquad (3)$$

where : K defines the line compensation degree by relation :

$$K = \frac{Q_R}{Q_L} = \frac{1}{X_d X_R} ;$$

X_R — the reactance coils reactance, in Ω ;

Q_R — the reactance coil reactive power, in MVar ;

Q_L — the reactive power generated by the idle line, in MVar.

The growing of the restoring voltage on the faulty phase worsens the arc quenching condition for the same overfeeding current since under resonance conditions the arc maintaining is possible.

It results thus that the probability of a successful rapid monophasic automatic reclosing on lines compensated by reactance coils decreases, so that special measures are needed to reduce the overfeeding current and the restoring voltage in order to increase the success probability of a monophasic reclosing.

2.2. *Measures for decreasing the overfeeding current and the restoration voltage*

Knudsen [1] has proposed in 1962 to connect a supplementary reactance coil between the neuter phase of the main reactance coil and the ground in order to reduce the arc overfeeding currents. This scheme ensures the capacities compensation between phases and thus the reduction of the overfeeding current.

For the case in which the supplementary reactance coil is mounted between the main reactance coil neuter and the ground the expressions for the overfeeding current and the restoration voltage will be :

$$I_s = \frac{E_f}{3} Y_d \, m_0 \frac{1}{1 + 3K_s} \left(1 + 3K_s \frac{m_0 - K}{m_0} \right) \quad [\text{kA}] \qquad (5)$$

$$U_r = E_f \frac{m_0 - (K - K_0)}{3(1 - K) - m_0 + (K - K_0)} \quad [\text{kV}] \qquad (6)$$

where: K_0 is the compensation degree on the homopolar sequence defined by relation:

$$K_0 = \frac{1}{Y_0 X_R (13 + K_s)} \frac{C_0}{C_d} = \frac{1}{Y_d X_R (1 + 3K_s)} = \frac{K}{1 + 3K_s};$$

Y_0 — the line's homopolar admittance defined by relation:

$$Y_0 = \omega C_0 l;$$

K_s — the coefficient defined by relation:

$$K_s = \frac{X_s}{X_R};$$

X_s — the supplementary reactance coil reactance, in Ω.

It results from the above relations that for the complete quenching of the overfeeding current the supplementary reactance coil value mounted on the neuter of the main reactance coil should be:

$$X_s = \frac{XR}{3} \frac{m_0}{K - m_0}.$$

5. Conclusions

1. With long lines, of extra high voltage, the arc remains in the case of monophasic failures, at the faulty phase decoupling overfed by the capacitive coupling of the disconnected phase with the phases still in operation. For overfeeding currents of 70 A the arc can be maintained or extinguished very slowly and this leads to an unsuccessful monophasic recoupling.

2. On the lines compensated by reactance coils, on the disconnected phase an important voltage increase (resonance conditions) can occur and this increases the difficult arc extinction conditions reducing the successful reclosing probability.

3. An efficient measure to reduce the failure arc overfeeding current was the mounting of a supplementary coil on the neuter of the main compensation coil. This measure leads to the compensation of the capacities between phases and implicitly reduces failure arc overfeeding current providing a successful reclosing.

4. It is demonstrated that by mounting a supplementary coil on the neuter of the main compensation coil a successful monophasic reclosing is improbable if this measure is not applied.

Problemele ridicate de folosirea reanclanşării automate monofazate la liniile de foarte înaltă tensiune

Dr. ing. A. Cristovici, dr. ing. Anca Popescu*)

Consideraţii generale

La liniile de foarte înaltă tensiune (400, 750 kV) datorită distanţei mari între faze, peste 95% din defecte sînt monofazate. În aceste condiţii, pentru asigurarea continuităţii în funcţionare este deosebit de important să se asigure succesul reanclanşării automate rapide monofazate, avînd în vedere că peste 70—80% din defectele monofazate pot fi lichidate prin RAR.

Pe liniile de foarte înaltă tensiune, la deconectarea fazei defecte de la ambele capete, arcul format iniţial rămîne în continuare alimentat prin cuplajul capacitiv dintre faza cu defect şi fazele sănătoase rămase în funcţiune. Cu cît linia este de tensiune mai înaltă şi de lungime mai mare, cu atît curentul prin canalul de arc este mai mare şi durata de stingere a arcului este mai mare. Dacă reanclanşarea fazei defecte se produce înainte de stingerea arcului sau de deionizarea spaţiului de arc, reanclanşarea va fi nereuşită, cu toate că defectul a fost pasager. Rezultă deci că la liniile de foarte înaltă tensiune, procentul de reuşită a reanclanşării automate monofazate poate să scadă mult în cazul în care nu se evaluează corect posibilităţile de stingere a arcului în condiţiile supraalimentării lui prin cuplaj capacitiv de către fazele în funcţiune.

Problema reanclanşării automate monofazate reuşite a căpătat o nouă dimensiune în cazul liniilor de 750 kV avînd 400—500 km lungime, deoarece curenţii de supraalimentare a arcului prin cuplaj capacitiv pot atinge valori de 70—90 A, caz în care durata de stingere a arcului poate să fie de ordinul a 2—3 s.

Există numeroase studii, publicaţii, experimentări care tratează problemele legate de duratele de stingere a arcului curentului de supraalimentare şi de asigurarea reuşitei reanclanşării automate monofazate [1, 2, 3, 4, 6, 8, 10].

În ţara noastră, pe linia de 400 kV Porţile de Fier—Bucureşti avînd 400 km lungime s-au adoptat, în premieră în Europa [5, 6,], măsuri ce au contribuit la reducerea timpului de ardere a arcului sub 0,15 s, ceea ce a asigurat reuşita reanclanşării monofazate. Probele efectuate au demonstrat că, în cazul în care nu s-ar fi luat nici o măsură pe această linie, durata de ardere a arcului supraalimentat capacitiv ar fi fost de 0,6 s, ceea ce ar fi dus la reanclanşări monofazate nereuşite în cazul unei pauze de (0,8—1) s.

În prezentul articol se prezintă cîteva aspecte teoretice şi practice referitoare la asigurarea

*) Dr. ing. A. Cristovici este ing. pr. gr. I la ISPE, dr. ing. Anca Popescu este ing. pr. gr. III la acelaşi institut.

seușitei reanclanșării monofazate, cu referire rpecială la modul de abordare a problemei la liniile de 750 kV.

1. Aspecte legate de stingerea arcului

Din experiențele efectuate în laborator asupra condițiilor de stingere a arcului sub efectul alungirii datorită forțelor electrodinamice, a rezultat că este posibilă stingerea arcului dacă se atinge lungimea critică, respectiv de 6 ori lungimea arcului inițial.

Din experiențele efectuate pe liniile de 750 kV reale în U.R.S.S. [8, 10] a rezultat că pentru curenți de supraalimentare cuprinși între 60—90 A lungimea arcului crește într-o secundă doar de 1,5—2,5 ori. De asemenea, s-a constatat că un arc care nu se stinge în 1—1,5 s atinge un regim stabil de ardere. Din momentul stingerii arcului este necesară o pauză de circa 0,35 s pentru deionizarea canalului de arc, evitîndu-se astfel reamorsarea. Pe baza acestor experiențe [8] s-au stabilit timpii orientativi necesari pentru stingerea arcului, funcție de curenții de supraalimentare ($R_{arc} = 0$) și tensiunea de restabilire rezultată după stingerea arcului ($R_{arc} = \infty$). În figura 1 se indică

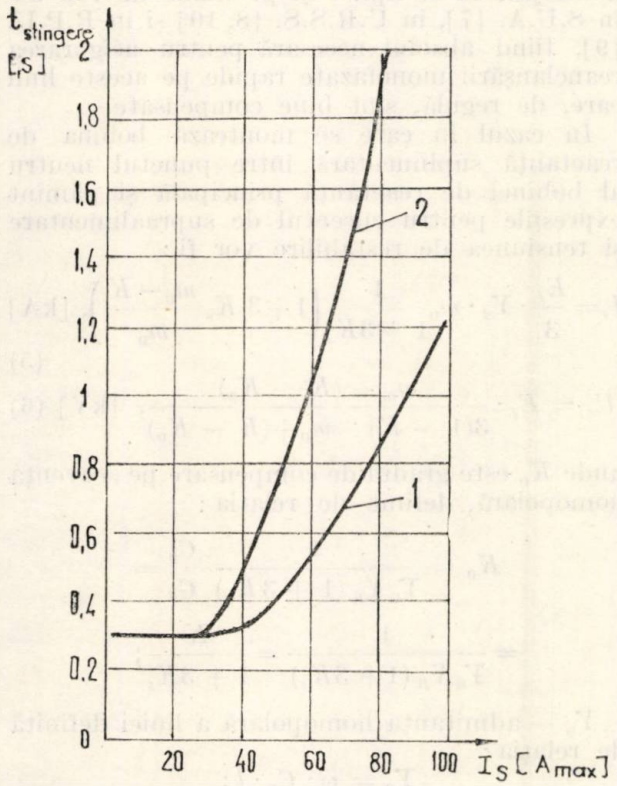


Fig. 1. Variația timpilor necesari pentru stingerea arcului în funcție de curentul de supraalimentare (I_s) și de tensiunea de restabilire (U_r) : curba 1 pentru $U_r < 0{,}5\ U_f$; curba 2 pentru $U_r \geqslant 0{,}5\ U_f$.

(Variation of the time necessary for the quenching of the arc depending on the everfeeding current (I_s) and on the restoration voltage (U_r) : curve 1 for $U_r < 0.5\ U_f$; curve 2 for $U_r \geqslant 0.5\ U_f$).

această dependență. Astfel, se constată că pentru un curent de supraalimentare de 70 A arcul se stinge în 0,7 s, dacă tensiunea de restabilire este mai mică decît valoarea 0,5 U_f, și în circa 1,5 s, dacă tensiunea de restabilire este mai mare sau egală cu 0,5 U_f, unde U_f are valoarea 643 kV_{max}. Pentru a se asigura stingerea arcului în mai puțin de 0,3 s, ceea ce permite adoptarea unor pauze de RARM în domeniul uzual 0,7—1 s, este necesar să se reducă curenții de supraalimentare sub valoarea de 30 A.

În U.R.S.S. [9, 10] s-a propus, pentru cazul în care curenții de supraalimentare nu pot fi reduși, să se adopte o pauză de RARM variabilă, funcție de durata de ardere a arcului. Astfel, instalația de RARM este blocată pe durata arderii arcului, cînd tensiunea pe faza deconectată este aproape zero și se deblochează după stingerea arcului, cînd tensiunea pe faza deconectată crește. Se constată însă că dacă nu se acționează pentru reducerea curenților de supraalimentare este posibil ca pauza de RARM să crească foarte mult. Din această cauză este de dorit luarea unor măsuri pentru reducerea curenților de supraalimentare, măsura de autoadaptare a pauzei RARM fiind o măsură suplimentară de siguranță.

2. Soluții de reducere a curenților de supraalimentare în cazul unui defect monofazat

2.1. *Metodă de calcul al valorilor curenților de supraalimentare a arcului și al tensiunilor de restabilire*

Supraalimentarea arcului de defect pe faza deconectată se datorește cuplajului capacitiv dintre fazele sănătoase în funcțiune și faza deconectată (C_{ff}).

Valoarea curentului de supraalimentare pentru o linie necompensată sau compensată cu bobine de reactanță de construcție uzuală ($X_0 = X_d$) se determină cu relația :

$$I_s = E_f \cdot \frac{\omega(C_d - C_0)}{3} \cdot l = \frac{E_f}{3} Y_d \cdot m_0, \quad [\text{kA}] \quad (1)$$

unde :

E_f este tensiunea pe fază, în kV ;

C_d — capacitatea specifică directă a liniei, în F/km ;

C_0 — capacitatea specifică homopolară a liniei, în F/km ;

l — lungimea liniei, în km ;

m_0 — disimetria capacitivă a liniei definită de relația :

$$m_0 = \frac{C_d - C_0}{C_d};$$

C_{ff} — capacitatea specifică între fazele liniei, în F/km, definită de relația :

$$C_{ff} = \frac{1}{3}(C_d - C_0);$$

Y_d — admitanța directă a liniei definită de relația :

$$Y_d = \omega \cdot C_d \cdot l.$$

Tensiunea de restabilire pe faza deconectată se determină cu relațiile :

— pentru o linie necompensată prin bobine de reactanță :

$$U_r = E_f \cdot \frac{m_0}{3 - m_0}; \quad (2)$$

— pentru o linie compensată prin bobine de reactanță uzuale :

$$U_r = E_f \cdot \frac{m_0}{3(1-K) - m_0}, \quad (3)$$

unde K definește gradul de compensare al liniei prin relația :

$$K = \frac{Q_R}{Q_L} = \frac{1}{X_R \cdot Y_d},$$

în care :

X_R este reactanța bobinelor de reactanță, în Ω ;

Q_R — puterea reactivă a bobinei de reactanță, în MVar ;

Q_L — puterea reactivă generată de linie în gol, în MVar.

Din analiza relațiilor de calcul prezentate mai sus se constată faptul că cu cît gradul de disimetrie capacitivă al liniei este mai mare, cu atît crește valoarea curentului de supraalimentare și a tensiunii de restabilire. De asemenea, cu cît gradul de compensare al liniei este mai mare, cu atît tensiunea de restabilire va crește. Astfel, se pot obține chiar condiții de rezonanță pentru un grad de compensare egal cu :

$$K = 1 - \frac{m_0}{3},$$

respectiv în condițiile cînd gradul de compensare este cuprins între 0,9 și 1.

Tensiunea de restabilire pe faza deconectată (după stingerea arcului) prezintă oscilații pe două frecvențe și anume : pe frecvența fundamentală, datorată cuplajului capacitiv între faze, și pe frecvența proprie de oscilație a circuitului bobinei de reactanță și a capacității fază-pămînt. Din această cauză oscilațiile tensiunii de restabilire se prezintă sub formă de bătăi.

Frecvența proprie de oscilație a fazei deconectate se determină cu relația :

$$f = f_{50} \cdot \frac{\sqrt{K}}{1 - \frac{m_0}{3}}. \quad (4)$$

În cazul fenomenului de rezonanță frecvența proprie a fazei deconectate devine egală cu frecvența fundamentală ($f = f_{50}$).

Prin creșterea tensiunii de restabilire pe faza defectă, pentru același curent de supraalimentare condițiile de stingere a arcului se înrăutățesc, în condiții de rezonanță fiind posibilă o întreținere a arcului.

Rezultă, deci, că pe liniile compensate prin bobine de reactanță probabilitatea RARM reușit scade, fiind necesare măsuri speciale pentru reducerea curentului de supraalimentare și a tensiunii de restabilire, în vederea creșterii probabilității de reușită a reanclanșării monofazate.

2.2. *Măsuri de reducere a curentului de supraalimentare și a tensiunii de restabilire*

În anul 1962 Knudsen [1] a propus, pentru reducerea curenților de supraalimentare a arcului, conectarea unei bobine de reactanță suplimentară între punctul neutru al bobinei de reactanță principală și pămînt. Prin această schemă se asigură compensarea capacităților între faze și deci reducerea curentului de supraalimentare. Eficacitatea acestei măsuri a fost verificată în 1971 pe o linie de 500 kV în S.U.A. [4] și în 1974 pe linia de 400 kV Porțile de Fier—București în R.S.R. [6]. În ultima perioadă (1980—1982) această soluție a început să se aplice și pe liniile de 750 kV în S.U.A. [7], în U.R.S.S. [8, 10] și în R.P.U. [9], fiind absolut necesară pentru asigurarea reanclanșării monofazate rapide pe aceste linii care, de regulă, sînt bine compensate.

În cazul în care se montează bobina de reactanță suplimentară între punctul neutru al bobinei de reactanță principală și pămînt expresiile pentru curentul de supraalimentare și tensiunea de restabilire vor fi :

$$I_s = \frac{E_f}{3} \cdot Y_d \cdot m_0 \frac{1}{1 + 3K_s}\left(1 + 3\,K_s \frac{m_0 - K}{m_0}\right), \text{ [kA]} \quad (5)$$

$$U_r = E_f \cdot \frac{m_0 - (K - K_0)}{3(1-K) - m_0 + (K - K_0)}, \text{ [kV]} \quad (6)$$

unde K_0 este gradul de compensare pe secvența homopolară, definit de relația :

$$K_0 = \frac{1}{Y_0 X_R (1 + 3K_s)} \frac{C_0}{C_d} =$$

$$= \frac{1}{Y_d X_R (1 + 3K_s)} = \frac{K}{1 + 3K_s};$$

Y_0 — admitanța homopolară a liniei definită de relația :

$$Y_0 = \omega \cdot C_0 \cdot l;$$

K_s — coeficient definit de relația :

$$K_s = \frac{X_s}{X_R};$$

X_s — reactanța bobinei de reactanță suplimentară, în Ω.

Din relațiile de mai sus rezultă că pentru suprimarea completă a curentului de supraalimentare, valoarea reactanței bobinei suplimentare montate pe punctul neutru al bobinei de reactanță principală ar trebui să fie :

$$X_s = \frac{X_R}{3} \cdot \frac{m_0}{K - m_0}.$$

Se constată că reactanța X_s a bobinelor suplimentare este dependentă de lungimea liniei și de numărul bobinelor de reactanță principale.

Se observă că, pentru o anumită linie și un anumit grad de compensare, cu cît valoarea reactanței bobinei suplimentare este mai mare, cu atît curentul de supraalimentare și tensiunea de restabilire pe faza deconectată au valori mai mici. Alegerea valorii reactanței X_s a bobinei suplimentare trebuie însă să țină seama de supratensiunile temporare care pot apărea pe bobina de reactanță suplimentară, avînd în vedere corelația ce trebuie să se facă între nivelul de izolație al neutrului bobinei principale și cel al bobinei suplimentare și faptul că nivelul de izolație al punctului neutru al bobinei principale se stabilește din considerente tehnico-economice.

În timpul pauzei de RAR, respectiv în perioada în care este deconectată faza cu defect, tensiunea pe bobina suplimentară va fi :

$$U_{bn} = E_f \cdot \frac{K_s}{1 + 3K_s} \text{ [kV] după stingerea arcului} \quad (8)$$

și

$$U'_{bn} = E_f \cdot \frac{K_s}{1 + 2K_s} \text{ [kV] în timpul arderii arcului.} \quad (9)$$

Avînd în vedere repartiția lineară a tensiunii pe bobine rezultă că tensiunea maximă pe bobina suplimentară va fi :

$$U_{bmax} = E_f \frac{K_s}{1 + K_s}, \quad (10)$$

deci raportul între izolația punctului neutru al bobinei principale și izolația fazei bobinei principale va fi $K_s/(1 + K_s)$.

Avînd în vedere că creșterea izolației punctului neutru are o serie de implicații tehnico-economice (creșterea dimensiunii bobinei), se consideră ca limită maximă admisibilă pentru izolația punctului neutru valorile 0,2—0,25 din izolația fazei [6, 7]. În aceste condiții ar rezulta că valoarea reactanței X_s a bobinei suplimentare trebuie să fie mai mică decît 0,2 din valoarea reactanței bobinei principale.

Studiile [10] au arătat că, în cazul în care o bobină principală de 750 kV are punctul neutru izolat la nivelul tensiunii maxime de funcționare 42,5 kV (avînd tensiunea de încercare de frecvență industrială timp de 1 minut de 85 kV_{ef}), valoarea maximă a reactanței bobinei suplimentare trebuie să fie mai mică decît valoarea 310 Ω.

Rezultă deci că pentru alegerea valorii reactanței bobinelor suplimentare este necesar să se îndeplinească următoarele condiții :

— amplitudinea supratensiunii temporare pe bobina suplimentară trebuie să fie mai mică decît tensiunea de încercare de frecvență industrială timp de 1 min a neutrului bobinei principale ;

— valoarea curentului de supraalimentare și a tensiunii de restabilire să conducă la timpi de stingere a arcului mai mici de 0,45—0,65 s.

3. Schema de montare a bobinelor de reactanță suplimentare și condiții de dimensionare

Condițiile de dimensionare a bobinelor de reactanță suplimentare influențează schema de montare a acestora.

În figura 2 se indică schema de montare a bobinelor de reactanță principale și secundare [2, 10]. Din schemă se constată că neutrul bobinelor principale R_p și bobina suplimentară R_s sînt protejate contra supratensiunilor de comutație cu descărcătorul D. De asemenea, se observă că bobina suplimentară este șuntată cu un întreruptor I, ce deconectează numai la apariția pe linie a unui scurtcircuit monofazat (adică de 1—2 ori pe an). Înainte de reconectarea fazei liniei întreruptorul I este din nou conectat.

Separatoarele S_1 și S_2 permit să se facă revizii în schemă. Transformatorul de curent T_c asigură înregistrarea curentului în bobina suplimentară, descărcătorul D și întreruptorul T. Tensiunea în aceste elemente se înregistrează de la înfășurarea suplimentară de 100 V, prevăzută pe bobina suplimentară.

În regim normal de funcționare a liniei prin întreruptorul I trece curentul datorat nesimetriilor reactanțelor bobinei principale (0,5—2%) și datorită nesimetriei admisibile a tensiunilor în regim permanent (2%). Deci valoarea curentului permanent prin întreruptorul I ar trebui să fie de circa 5% din valoarea curentului bobinei principale. În regim de scurtă durată de la apariția scurtcircuitului și pînă la deconectarea întreruptorului I curentul prin acesta poate fi egal cu suma curenților pe două faze ale bobinei principale.

În procesul deconectării întreruptorul suportă tensiunea de restabilire, a cărei amplitudine este limitată de descărcătorul D.

Avînd în vedere nivelul de izolație al neutrului bobinei principale rezultă clasa de ten-

tiune a separatoarelor S_1, S_2, a transformatoarelor de curent T_c și a bobinei suplimentare.

Nivelul de izolație al neutrului bobinei principale impune valoarea tensiunii de amorsare a descărcătorului D.

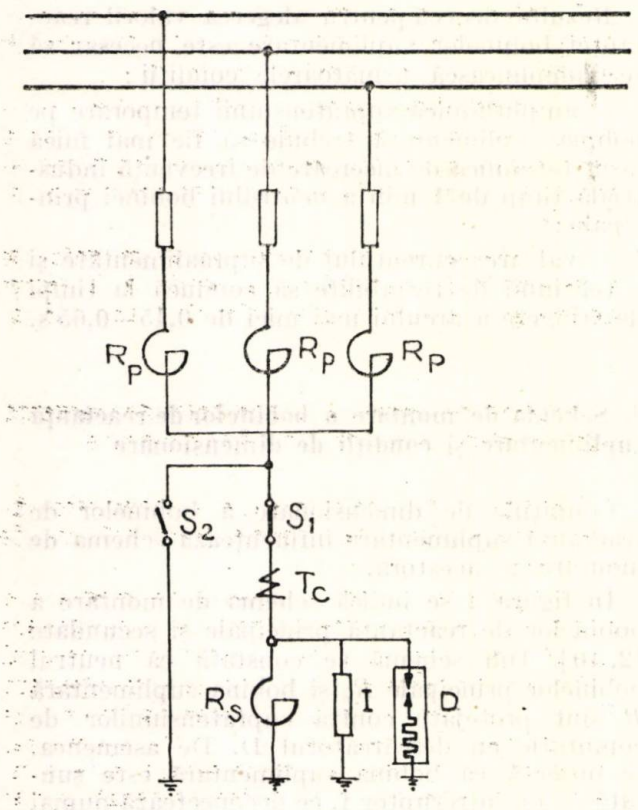


Fig. 2. Schema de montare a bobinelor de reactanță principale și suplimentare. (Mouting scheme of the main and supplementary reactance coils).

În această schemă condiția de dimensionare termică a bobinei suplimentare este următoarea: bobina trebuie să suporte curentul nominal al bobinei principale timp de cel puțin 5 s (corespunzător unui ciclu complet de scurtcircuit, deconectare, pauză de RAR, scurtcircuit, decontecare definitivă).

În ipoteza în care schema s-ar realiza fără întreruptorul I, pe lîngă condiția termică de dimensionare impusă în regimul de scurtă durată, bobina suplimentară va trebui să suporte în regim permanent un curent avînd valoarea 5% din valoarea curentului bobinei principale.

4. Modul de soluționare a reanclanșării automate monofazate rapide la liniile electrice aeriene de 750 kV

Valorile curenților de supraalimentare, ale tensiunilor de restabilire și ale tensiunii pe bobinele suplimentare calculate pentru o linie electrică aeriană de 750 kV (avînd caracteristicile prezentate în tabelul 1) cu relațiile (1), (2), (3), (5), (6) sînt indicate în tabelul 1.

Tabelul 1

Nr. crt.	Caracteristicile liniei				Numărul de bobine de reactanță montate pe linie	Condiția de stingere a arcului									
						În absența bobinelor de reactanță suplimentară			În prezența bobinelor de reactanță suplimentară						
	Lungimea [km]	Capacitatea directă (C_d) [NF/km]	Capacitatea homopolară (C_0) [NF/km]	Raportul $\frac{C_d}{C_0}$		Curentul de supraalimentare, [A_{ef}]	Tensiunea de restabilire raportată la tensiunea pe fază,	Timpul necesar pentru stingerea arcului, [s]	Numărul bobinelor suplimentare	Reactanța bobinei suplimentare [Ω]	Curentul de supraalimentare [A_{ef}]	Tensiunea de restabilire raportată la tensiunea pe fază	Tensiunea pe bobina suplimentară raportată la tensiunea pe fază	Timpul necesar pentru stingerea arcului [s]
1	460	13,9	8,8	0,327	0	93,6	0,122	1,9	—	—	—	—	—	—
2					2	93,6	0,33	1,9	2	255	46	0,15	1,097	0,6
3									2	170	59	0,173	0,073	0,95
4					3	93,6	2,27 rezonanță	>3	3	310	14	0,04	0,111	0,3
5									3	255	23,5	0,18	0,097	0,3
6									2	255	23,5	0,193	0,097	0,3
7					3				3	170	42	0,49	0,071	0,55

Linia analizată are o lungime de 460 km, generînd la tensiunea de 750 kV o putere reactivă în gol de 1050 MVar. Pentru punerea sub tensiune a liniei în gol, în condițiile menținerii tensiunii în limitele admisibile, este necesară compensarea liniei la capătul în gol cu două bobine de 300 MVar la 750 kV. Pentru compensarea liniei în regimuri de sarcini mici se mai racordează o bobină de 300 MVar la 750 kV la capătul de alimentare al liniei. Deci, în acest caz gradul de compensare al liniei va fi $K = 0{,}86$ (în regim cu trei bobine) și $K = 0{,}57$ (în regim cu două bobine).

În cazul în care linia este compensată cu trei bobine de reactanță de 300 MVar la 750 kV, curentul de supraalimentare este de 93,6 A, iar pe faza deconectată tensiunea de restabilire crește pînă la valoarea 2,27 U_f, realizîndu-se condiții apropiate de rezonanță. În acest caz timpul necesar pentru stingerea arcului este mai mare de 3 s. Aceasta pune sub semnul întrebării posibilitatea stingerii arcului și deci reușita reanclanșării, dacă nu se iau măsuri de limitare a curentului de supraalimentare. Avînd în vedere acest lucru s-a urmărit să se studieze modul în care se reduce timpul de stingere a arcului, în funcție de numărul bobinelor de reactanță suplimentare și de caracteristicile acestora.

Din rezultatele din tabelul 1 se constată că prin montarea a două sau trei bobine suplimentare (avînd reactanțele cuprinse în limitele 170—310 Ω) pe neutrele bobinelor principale, timpul de stingere a arcului scade simțitor, fiind cuprins în limitele 0,3—0,95 s. Se observă faptul că, cu cît valoarea reactanței bobinei suplimentare este mai mare, cu atît valoarea curentului de supraalimentare și a tensiunii de restabilire sînt mai mici, însă valorile tensiunii pe bobina suplimentară sînt mai mari.

Se observă că pe linia de 750 kV compensată cu trei bobine suplimentare, avînd reactanțe cuprinse în limitele 170—250 Ω, timpul pentru stingerea arcului rezultă de aproximativ 0,55—0,3 s, ceea ce permite utilizarea pauzei uzuale de RARM de 0,7—1 s. În acest caz tensiunea pe bobina suplimentară nu depășește valoarea de 0,097 U_f ($U_f = 643$ kV), ceea ce este acceptabil.

Calculele efectuate în U.R.S.S. arată că bobinele suplimentare, avînd reactanța cuprinsă în limitele 200—310 Ω, sînt practic suficiente pentru toate liniile de 750 kV, în timp ce bobinele avînd reactanțele cuprinse în limitele 140—180 Ω pot fi folosite pentru micșorarea curentului de supraalimentare numai la linii de 750 kV, avînd lungimi mai mici de 500 km [10].

5. Concluzii

1. La liniile lungi, de foarte înaltă tensiune, în cazul defectelor monofazate, la deconectarea fazei cu defect, arcul rămîne în continuare supraalimentat prin cuplajul capacitiv al fazei deconectate cu fazele rămase în funcțiune. Pentru curenți de supraalimentare de ordinul a 70 A, arcul poate fi întreținut sau se stinge într-un timp foarte mare, ceea ce conduce la nereușita reanclanșării monofazate.

2. Pe liniile compensate prin bobine de reactanță, pe faza deconectată, se poate produce o creștere importantă de tensiune (condiții de rezonanță), ceea ce îngreunează și mai mult condițiile de stingere a arcului și deci reduce și mai mult probabilitatea de reușită a reanclanșării.

3. Pentru reducerea curentului de supraalimentare a arcului de defect, o măsură eficientă s-a dovedit montarea unei bobine suplimentare, pe punctul neutru al bobinei principale de compensare. Prin această măsură se compensează capacitățile între faze și implicit se reduce curentul de supraalimentare a arcului de defect, asigurînd astfel reușita reanclanșării.

4. Se demonstrează, că pentru liniile lungi de 750 kV prin adoptarea soluției de montare a unei bobine suplimentare pe punctul neutru al bobinei principale de compensare, se pot asigura condițiile de reușită a reanclanșării monofazate. Neaplicarea acestei măsuri face improbabilă reanclanșarea monofazată.

Bibliografie

[1] Knudsen, N. *Déclenchement monophasé des lignes de transport utilisant des bobines d'inductanse pour extinction de l'arc secondaire*, CIGRE rap 310, 1962.

[2] Kimbark, E. W. *Suppresion of ground fault arcs on single pole switched EHV lines by shunt reactors.* PAS, 1964, nr. 3.

[3] Maicopar, A. S. *Gașenic otcritoi electricescoi dughi.* Electricestvo 1960, nr. 4.

[4] Edwards L. ș.a. *Single — pole switching on TVA's Paradise Davison 500 kV line : disign concepts and staged fault tests results.* PAS, 1971, nr. 6.

[5] Necșulescu, D. S., Cristovici, A. *Reanclanșarea automată monofazată pe liniile de foarte înaltă tensiune,* Studii și cercetări de energetică și electrotehnică, tom 22, nr. 1, 1972.

[6] Groza, L., Cristovici, A., Necșulescu, D. S., Ionescu, Al. *Single-pole reclosing on EHV lines,* CIGRE, 1974, rap 31—03.

[7] Kimbark, E. W. *Charts of three quantities associated with single-pole switching,* PAS, 1975, nr. 2

[8] Beliakov, N. N., Burgsdorf, V. V. ș.a. *Isledovanie OAPV a electroperedaciah 750 kV sunteruiușcimi reactorami.* Electricestvo, 1981, nr. 7.

[9] Geszti, P. O., Lyskov, I. ș.a. *Problems of single-pole reclosing on long EHV transmission lines.* CIGRE, 1982, rap 33—10

[10] Beliakov, N. N. ș.a. *Isledovanie OAPV a electroperedaciah 750 kV a cetirehlucevim reactorom.* Electriceschie stanții, 1982, nr. 12.

(Primit la 10 martie 1983, acceptat la 30 iunie 1983)

Solutions of Transcendental and Criterial Equations Used in Engineering Heat Transfer by Iterative Numerical Methods (I)

(Condensed from the paper in Romanian)

C. Brătianu, D. Sc., D. Popescu, Grad. Eng.

Engineering heat transfer processes are generally very complex and need many mutually dependent variables to be accurately described. As a consequence, their mathematical models admit analytical solutions only for simplified cases. For solving more complex heat transfer equations one needs numerical solutions.

The purpose of this paper is to present an iterative numerical method suitable for solving engineering heat transfer equations which contain transcendental or criterial expressions. The bisection method is presented for its intuitive and straightforward logic. This method consists in halving sequentially a given interval until the unknown equation root is found with a certain admissible error.

This class of iterative numerical methods we are referring to is based on the following theorem : if $f(x)$ is continuous for $a \leqslant x \leqslant b$, and if $f(a)$ and $f(b)$ are of opposite sign, then $f(\zeta) = 0$ for at least one number ζ so that $a < \zeta < b$.

The bisection method requires that starting values be obtained before the method can begin. This is true of most methods for root finding. These starting values can be obtained by drawing a rough graph, by trial calculations, or by writing a search program on a computer.

Generally, engineering heat transfer equations we are referring to appear as following :

$$E_1(x) = E_2(x), \tag{4}$$

where $E_1(x)$ or $E_2(x)$ is a transcendental, or a criterial expression. Considering a function :

$$f(x) = E_1(x) - E_2(x) \tag{5}$$

we can transform the initial problem into a finding root problem, by putting

$$f(x) = 0 \tag{6}$$

The algorithm for the bisection method has the following structure (see Fig. 1).

DO WHILE $\frac{1}{2}|a_n - b_n| \geqslant X_{ad}$

Set $c_n = (a_n + b_n)/2$

IF $f(a_n)f(c_n) < 0$:

Set $a_{n+1} = a_n$ and $b_{n+1} = c_n$

ELSE Set $a_{n+1} = c_n$ and $b_{n+1} = b_n$

ENDIF.

ENDDO.

The condition for X_{ad} (tolerance value) may be replaced by the condition of function value (f_{ad}) or the admissible number of iterations n_{ad}. The convergence speed of this method is given by the following expression

$$|\alpha - c_n| \leqslant \left(\frac{1}{2}\right)^n (b - a), \tag{16}$$

where $(b - a)$ is the interval length and α is the equation root. As it can be seen this method converges linearly with a rate of 1/2.

To illustrate the application of the bisection method the paper presents three typical engineering heat transfer calculations. The first example consists in solving the Colebrook-White criterial equation (17), for the friction factor μ:

$$\frac{1}{\sqrt{\mu}} = -2 \lg \left(\frac{2{,}51}{\mathrm{Re}\sqrt{\mu}} + \frac{\varepsilon}{3{,}72}\right), \tag{17}$$

where Re is the Reynolds number and ε is the pipe relative rugosity.

The second and third examples consist of expressions used in thermal pipe insulation calculations. The insulation diameter (d_{iz}) is taken as the unknown variable in equation (20), and the economic value of the insulation diameter $(d_{iz})_{ec}$ is taken as the unknown variable in equation (22). Notations used in these expressions are standard. A flow sheet diagram for the computer program used for these numerical applications is given in Fig. 2.

Rezolvarea ecuaţiilor transcendente şi criteriale folosite în termoenergetică cu ajutorul metodelor numerice iterative (I)

Dr. ing. C. Brătianu, ing. D. Popescu*

Introducere

Procesele termoenergetice sînt, în general, procese foarte complexe, care sînt influenţate de un mare număr de parametri, ce se condiţionează reciproc. Mai mult decît atît, o modelare matematică adecvată a lor conduce la ecuaţii cu soluţii analitice necunoscute încă, sau greu rezolvabile.

De exemplu, modelarea matematică a unui caz simplu de curgere neizotermă a unui fluid incompresibil implică ecuaţii fundamentale derivate din legile de conservare a masei, impulsului şi energiei, un set de condiţii iniţiale şi la limită corespunzătoare, precum şi una sau mai multe ecuaţii constitutive capabile să descrie comportarea mediului considerat. Un astfel de sistem de ecuaţii nu poate fi rezolvat decît cu ajutorul computerului şi folosind metode numerice puternice, cum sînt cele cu diferenţe finite, sau cu elemente finite [1,2].

Existenţa acestor dificultăţi în investigarea teoretică a proceselor termoenergetice a condus în mod inevitabil la dezvoltarea preponderentă a cercetărilor experimentale. Sintetizarea şi generalizarea datelor acestor cercetări s-a

* Dr. ing. C. Brătianu este şef de lucrări la Facultatea de energetică I.P. Bucureşti, D. Popescu este absolvent al aceleiaşi facultăţi.

materializat sub forma unor relații de calcul semiempirice, avînd de cele mai multe ori o structură polinomială, exponențială sau transcendentă [3,4]. Aplicarea ultimei clase de relații la rezolvarea unor probleme practice se face în prezent prin folosirea metodei încercărilor succesive sau prin metoda reprezentărilor grafice. Ambele metode necesită un volum mare de muncă, implică existența unei experiențe anterioare, care să ajute la alegerea cît mai adecvată a valorilor numerice de încercare, precum și a funcțiilor care urmează a fi reprezentate grafic.

Pentru înlăturarea acestor deficiențe se apelează tot mai mult în ultima vreme la metode numerice și la implementarea lor pe calculator. Scopul acestui articol este de a prezenta una dintre cele mai intuitive și mai ușor accesibile metode numerice de calcul, metoda biesecției. Totodată, se vor considera trei exemple de calcul care apar în mod frecvent în practică, modul de soluționare a lor folosind această metodă.

1. Metoda bisecției

Această metodă are la bază teorema valorii intermediare din analiza matematică și o idee simplă de logică binară [4, 5, 6]. Fie o funcție $f(x)$ continuă pe un interval finit $a \leqslant x \leqslant b$ și

$$m = \inf_{a \leqslant x \leqslant b} f(x), \quad M = \sup_{a \leqslant x \leqslant b} f(x). \tag{1}$$

Atunci, conform teoremei valorii intermediare, pentru orice număr γ în intervalul $[m, M]$, există cel puțin un punct ζ în $[a, b]$ pentru care

$$f(\zeta) = \gamma. \tag{2}$$

Considerînd un interval $[a, b]$ pe care $f(x)$ este continuă, iar

$$f(a), f(b) < 0 \tag{3}$$

și folosind rezultatul teoremei de mai sus, rezultă că $f(x)$ trebuie să aibă cel puțin o rădăcină în $[a, b]$. Această rădăcină este reprezentată grafic în figura 1 prin intersecția funcției $f(x)$ cu axa absciselor.

În continuare se prezintă algoritmul de calcul pentru aplicarea acestei metode la rezolvarea ecuațiilor transcendente și criteriale din termoenergetică. De regulă, aceste ecuații apar sub forma generală:

$$E_1(x) = E_2(x), \tag{4}$$

unde $E_1(x)$ și $E_2(x)$ sînt expresii ce conțin aceeași necunoscută, x. Ecuația (4) se transformă într-o funcție:

$$f(x) = E_1(x) - E_2(x). \tag{5}$$

Rezolvarea ecuației (4) este echivalentă, din punct de vedere matematic, cu aflarea rădăcinilor funcției nou create $f(x)$, respectiv

$$f(x) = 0. \tag{6}$$

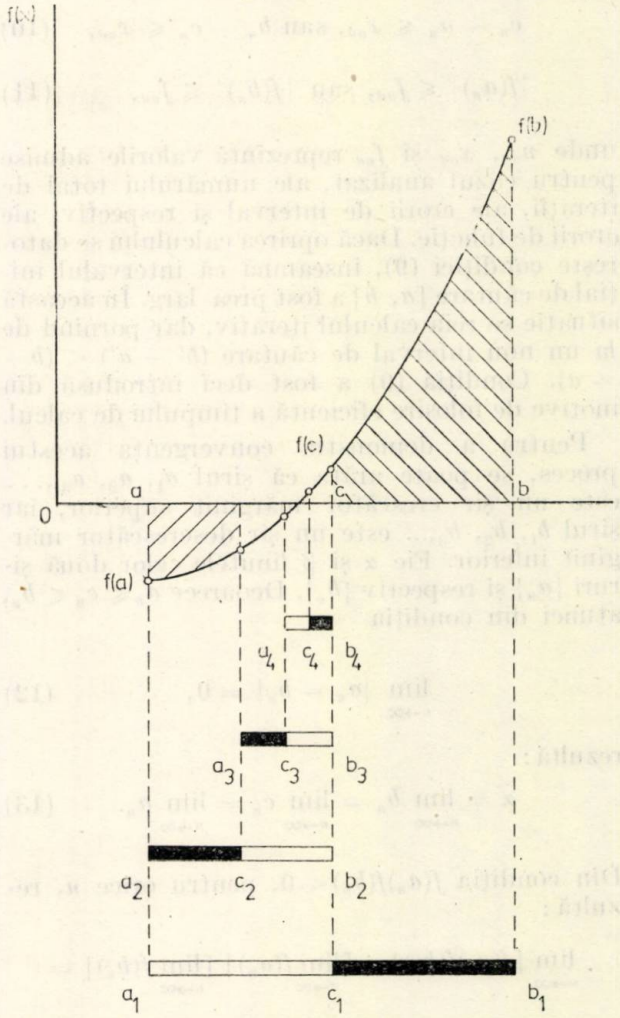


Fig. 1. Schema grafică pentru algoritmul de calcul.
(The graph for the calculation algorithm).

Schema iterativă de calcul începe prin alegerea intervalului de căutare $[a, b]$, astfel încît:

$$f(a)\ f(b) < 0. \tag{7}$$

Se notează (vezi fig. 1) cu $a_1 = a$, $b_1 = b$ și se calculează punctul median al acestui interval, $c_1 = (a_1 + b_1)/2$. În continuare, se calculează produsele $f(a_1)\ f(c_1)$ și $f(c_1)\ f(b_1)$ și se fac atribuirile:

$$\left.\begin{aligned} a_2 &= a_1,\ b_2 = c_1, \text{ dacă } f(a_1)\ f(c_1) < 0 \\ a_2 &= c_1,\ b_2 = b_1, \text{ dacă } f(a_1)\ f(c_1) < 0 \end{aligned}\right\} \tag{8}$$

După n iterații se obține: a_n, b_n și $f(a_n)\ f(b_n) < 0$. Deci rădăcina funcției date se află pe acest interval $[a_n, b_n]$. Procesul de căutare a acestor rădăcini poate continua, sau se poate opri. Oprirea calculului se face atunci cînd cel

puțin una dintre următoarele condiții este îndeplinită:

$$n \geqslant n_{ad}, \tag{9}$$

$$c_n - a_n \leqslant x_{ad}, \text{ sau } b_n - c_n \leqslant x_{ad}, \tag{10}$$

$$|f(a_n)| \leqslant f_{ad}, \text{ sau } |f(b_n)| \leqslant f_{ad}, \tag{11}$$

unde n_{ad}, x_{ad} și f_{ad} reprezintă valorile admise pentru cazul analizat, ale numărului total de iterații, ale erorii de interval și respectiv, ale erorii de funcție. Dacă oprirea calculului se datorește condiției (9), înseamnă că intervalul inițial de căutare $[a, b]$ a fost prea larg. În această situație se reia calculul iterativ, dar pornind de la un nou interval de căutare $(b' - a') < (b - a)$. Condiția (9) a fost deci introdusă din motive de folosire eficientă a timpului de calcul.

Pentru a demonstra convergența acestui proces, se poate arăta că șirul $a_1, a_2, a_3, \ldots$ este un șir crescător mărginit superior, iar șirul $b_1, b_2, b_3, \ldots$ este un șir descrescător mărginit inferior. Fie α și β limitele celor două șiruri $\{a_n\}$ și respectiv $\{b_n\}$. Deoarece $a_n \leqslant c_n \leqslant b_n$, atunci din condiția

$$\lim_{n\to\infty} |a_n - b_n| = 0, \tag{12}$$

rezultă:

$$\alpha = \lim_{n\to\infty} b_n = \lim_{n\to\infty} c_n = \lim_{n\to\infty} a_n. \tag{13}$$

Din condiția $f(a_n)f(b_n) < 0$, pentru orice n, rezultă:

$$\lim_{n\to\infty} [f(a_n)f(b_n)] = [\lim_{n\to\infty} f(a_n)]\ [\lim_{n\to\infty} f(b_n)] =$$

$$= [f(\alpha)]^2 \leqslant 0. \tag{14}$$

Se observă însă că $[f(\alpha)]^2$ este un număr pozitiv și deci trebuie ca

$$f(\alpha) = 0 \text{ și } \lim_{n\to\infty} f(a_n) = 0 \tag{15}$$

datorită continuității funcției $f(x)$.

Viteza de convergență a metodei rezultă din expresia:

$$|\alpha - c_n| \leqslant \left(\frac{1}{2}\right)^n (b - a), \tag{16}$$

unde $(b - a)$este lungimea intervalului inițial. Se poate observa deci că metoda bisecției converge liniar, cu o rată de 1/2. Eroarea actuală de calcul s-ar putea să nu se modifice la fiecare pas cu un factor de 1/2, dar în medie, pe întregul proces de calcul variația ei este dată de factorul 1/2.

2. Aplicații numerice

Prezentăm în cele ce urmează trei aplicații ale metodei bisecției la rezolvarea unor expresii caracteristice calculelor termoenergetice.

Aceste exemple au fost realizate cu ajutorul programului de calcul BISECT, elaborat de autori pe baza algoritmului prezentat mai sus, cu un calculator FELIX C 32 (fig. 2).

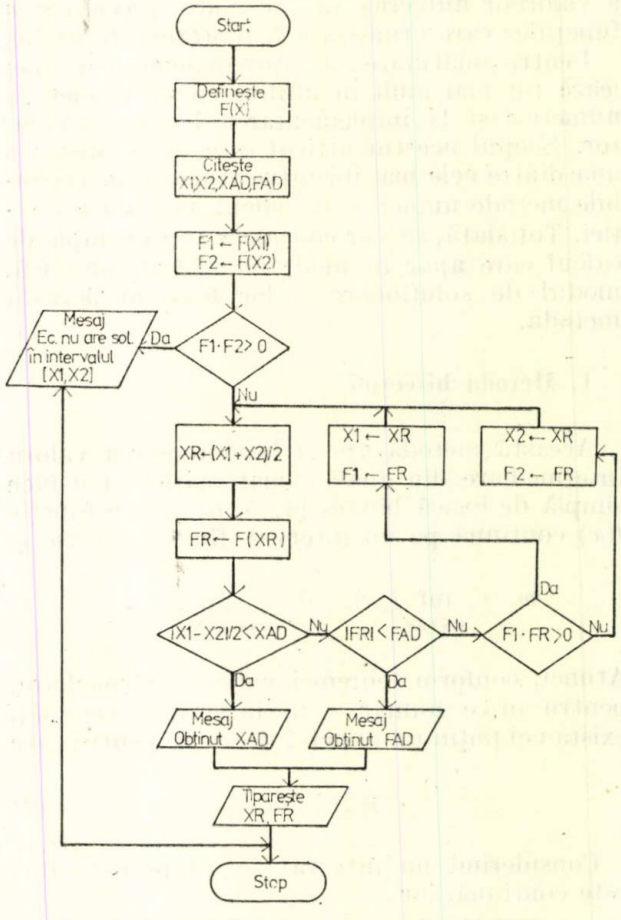


Fig. 2. Schema logică a programului BISECT.
(The logical scheme for the BISECT program).

Programul de calcul BISECT cuprinde următoarele etape: a) definește funcția ce trebuie rezolvată; b) citește $X1$, $X2$, XAD, FAD; c) calculează valorile funcției la extremitățile intervalului $[X1, X2]$, în care se presupune existența rădăcinii; d) calculează produsul $F1.F2$; dacă este pozitiv, tipărește mesajul corespunzător și se oprește; dacă nu, continuă; e) calculează punctul median (XR) al intervalului ;f) calculează valoarea funcției (FR) în punctul median ;g) verifică toleranța admisă pentru rădăcina (XAD); dacă este satisfăcută, tipărește mesajul corespunzător și XR, respectiv FR și se oprește; dacă nu, continuă; h) verifică toleranța admisă pentru funcție (FAD); dacă este satisfăcută tipărește mesajul corespunzător și XR, respectiv FR și se oprește;

dacă nu, continuă; i) calculează produsul $F1 \cdot FR$; dacă este pozitiv XR devine $X1$ și FR devine $F1$ și se întoarce la etapa „e"; dacă nu, XR devine $X2$ și FR devine $F2$ și se întoarce la etapa „e".

Primul exemplu îl constituie aplicarea formulei Colebrook-White la calculul coeficientului de frecare μ [7]:

$$\frac{1}{\sqrt{\mu}} = -2 \lg\left(\frac{2{,}51}{Re\sqrt{\mu}} + \frac{\varepsilon}{3{,}72}\right). \quad (17)$$

Cu Re s-a notat numărul Reynolds, iar cu ε rugozitatea relativă a peretelui conductei. Notînd coeficientul de frecare cu x, se obține:

$$E_1(x) = \frac{1}{\sqrt{x}},\ E_2(x) = -2 \lg\left(\frac{2{,}51}{Re\sqrt{x}} + \frac{\varepsilon}{3{,}72}\right), \quad (18)$$

$$(x) = E_1(x) - E_2(x) = \frac{1}{\sqrt{x}} + 2\lg\left(\frac{2{,}51}{Re\sqrt{x}} + \frac{\varepsilon}{3{,}72}\right). \quad (19)$$

Pentru aplicarea programului de calcul BISECT se aleg valorile: $a = 0{,}023$; $b = 0{,}025$; $x_{ad} = 10^{-9}$ și $f_{ad} = 10^{-4}$. Rezultatele numerice pentru punctul median al intervalului (c_n), se dau în tabelul 1. După cum se observă, programul de calcul a fost întrerupt prin satisfacerea condiției (11). Valoarea coeficientului de frecare, pentru $Re = 10^5$ și $\varepsilon = 0{,}0015$ este deci $\mu = 0{,}02371$.

Tabelul 1

Rezultate numerice pentru punctul median C_n

Iterație nr.	Punct median (c_n)	$f(c_n)$
1	0,02400	−0,04056
2	0,02350	0,03038
3	0,02375	−0,00536
4	0,02363	0,01244
5	0,02369	0,00353
6	0,02372	−0,00093
7	0,02370	0,00129
8	0,02371	0,00013
9	0,02371	−0,00037
10	0,02371	−0,00009*

* $|f(c_{10})| \leqslant f_{ad}$

Cel de-al doilea exemplu se referă la calculul diametrului unei izolații termice la o conductă, atunci cînd se cunosc datele pentru următoarele mărimi: temperatura fluidului (t_f), temperatura mediului ambiant (t_0), temperatura la suprafața izolației (t_e), coeficientul de transfer al căldurii prin convecție de la izolație la mediul înconjurător (α_e) și coeficientul de conductivitate termică a izolației (λ_{iz}) [7].

$$\frac{d_{iz}}{d_e} \ln \frac{d_{iz}}{d_e} = \frac{2\lambda_{iz}(t_f - t_e)}{d_e \alpha_e (t_e - t_0)}. \quad (20)$$

Se notează $d_{iz} = x$ și se transformă (20) în:

$$f(x) = \frac{x}{d_e} \ln \frac{x}{d_e} - \frac{2\lambda_{iz}(t_f - t_e)}{d_e \alpha_e (t_e - t_0)}. \quad (21)$$

Pentru acest exemplu de calcul s-au considerat următoarele date inițiale: $d_e = 0{,}219$ m; $\lambda_{iz} = 0{,}098$ W/m°C; $t_f = 350$ °C; $t_e = 60$ °C; $\alpha_e = 11{,}5$ W/m²·c; $a = 0{,}32$; $b = 0{,}33$. Toleranțele admise au fost $x_{ad} = 10^{-9}$ și $f_{ad} = 10^{-4}$. Rezultatele numerice pentru acest exemplu sînt date în tabelul 2. Oprirea programului de calcul s-a făcut ca urmare a îndeplinirii condiției (11). Valoarea căutată a diametrului izolației termice este $d_{iz} = 0{,}3216$ m.

Tabelul 2

Iterație nr.	Punct median (c_n)	$f(c_n)$
1	0,32500	0,02160
2	0,32250	0,00572
3	0,32125	−0,00219
4	0,32188	0,00176
5	0,32156	−0,00021
6	0,32172	0,00078
7	0,32164	0,00028
8	0,32160	0,00004*

* $|f(c_8)| \leqslant f_{ad}$

Ultimul exemplu se referă la calculul diametrului economic al unei izolații termice, atunci cînd se cunosc următoarele mărimi: diametrul conductei (d_e), numărul Nusselt (Nu), temperatura fluidului transportat (t_f), temperatura mediului ambiant (t_0), conductivitatea termică a izolației (λ_{iz}), prețul de cost al căldurii (b), numărul anual de ore de funcționare (z), costul materialului izolant (I_{iz}), durata de recuperare a surplusului de investiții prin economia de cheltuieli anuale (T) și cota anuală a prelevărilor din investiții (p) [8].

$$\frac{\dfrac{(d_{iz})_{ec}}{d_e} \ln \dfrac{(d_{iz})_{ec}}{d_e} - \dfrac{2}{Nu}}{\sqrt{1 - \dfrac{2d_e}{(d_{iz})_{ec}} \cdot \dfrac{1}{Nu}}} =$$

$$= \frac{2}{d_e} \sqrt{\frac{3{,}6 \cdot 10^{-6} \cdot bz\lambda_{iz}(t_f - t_0)}{\left(p + \dfrac{1}{T}\right)\left(I_{iz} + \dfrac{2I_{sp}}{(d_{iz})_{ec}}\right)}}. \quad (22)$$

Notăm mărimea de calcul $(d_{iz})_{ec} = x$ și punem expresia (22) sub forma:

$$f(x) = \frac{\frac{x}{d_e}\ln\frac{x}{d_e} - \frac{2}{Nu}}{1 - \frac{2d_e}{x}\cdot\frac{1}{Nu}} - \frac{2}{d_e}\sqrt{\frac{3{,}6\cdot 10^{-6}\cdot bz\lambda_{iz}(t_f - t_o)}{\left(p+\frac{1}{T}\right)\left(I_{iz}+\frac{2I_{sp}}{x}\right)}}. \quad (23)$$

Pentru calculul numeric al expresiei (23) s-au folosit următoarele date: $d_e = 0{,}219$ m; $Nu = 16{,}7$; $b = 13$ lei/GJ; $z = 5000$ h/an; $\lambda_{iz} = 0{,}138$ W/m°C; $t_f = 115$°C; $t_o = 25$°C; $p = 0{,}26$ an^{-1}; $T = 5$ an; $I_{iz} = 255$ lei/m^3 $I_{sp} = 15$ lei/m^2; $a = 0{,}40$; $b = 0{,}45$. Toleranțele impuse au fost $x_{ad} = 10^{-9}$, $f_{ad} = 10^{-4}$. Rezultatele numerice obținute cu ajutorul programului de calcul BISECT sînt prezentate în tabelul 3. Valoarea de calcul obținută este $(d_{iz})_{ec} = 0{,}434$ m, iar oprirea programului s-a datorat satisfacerii condiției (11).

Tabelul 3

Iterație nr.	Punct median (c_n)	$f(c_n)$
1	0,42500	−0,06748
2	0,43750	0,02619
3	0,43125	−0,02087
4	0,43438	0,00260
5	0,43281	−0,00915
6	0,43359	−0,00328
7	0,43398	−0,00034
8	0,43413	0,00113
9	0,43408	0,00039
10	0,43403	0,00003*

* $|f(c_{10})| \leqslant f_{ad}$

3. Concluzii

Complexitatea proceselor termoenergetice se reflectă pe planul modelării lor matematice prin relații de calcul de tip semiempiric. Rezolvarea acestor ecuații este în general greoaie și implică de cele mai multe ori folosirea unor scheme de rezolvare prin încercări.

Prezentul material sugerează posibilitatea transformării acestor expresii de calcul în funcție de o singură variabilă și apoi redefinirea problemei, în sensul căutării rădăcinilor ce anulează valoarea acestor funcții. Pentru aflarea acestor rădăcini se folosesc metode numerice iterative, dintre care a fost prezentată metoda bisecției.

Bibliografie

[1] Roache, P. J. *Computational Fluid Dynamics*, Hermosa Publishers, Albuquerque, 1976.

[2] Zienkiewicz, O. C. *The Fimite Element Method*, 3 rd edition, McGraw-Hill Book Company, Londra, 1977.

[3] Chiriac, F. și colectiv. *Procese de transfer de căldură și de masă în instalațiile industriale*, Editura tehnică, București, 1982.

[4] Brătianu, C., Giosan, I., Popescu, D. *Rezolvarea numerică a expresiilor criteriale folosite în calculele termoenergetice*, Lucrarea I/42, A X-a Conferință a termoenergeticienilor din România, Brașov, 9—11 decembrie 1982.

[5] Atkinson, K. E. *An Introduction to Numerical Analysis*, John Wiley and Sons, New York, 1978.

[6] Conte, S. D., C. de Boor. *Elementary Numerical Analysis*, McGraw-Hill Book Company, New York, 1972.

[7] Burducea, C., Leca, A. *Conducte și rețele termice*, Editura tehnică, București, 1974.

[8] Leca, A. și colectiv, *Centrale electrice. Probleme*, Editura didactică și pedagogică, București, 1977.

(Primit la 29 ianuarie 1983, acceptat la 4 august 1983)

Repartizarea operativă a costurilor la producerea cuplată a energiei electrice și termice

Ing. G. Hercz*)

1. Problematica repartizării costurilor la producerea cuplată a energiei termice și electrice

1.1. *Elemente de analiză tehnico-economică a procesului energetic*

Deși valoarea costurilor fixe (C_f), în cazul producerii cuplate a energiei electrice și termice în CET, poate depăși valoarea obținută la producerea separată în CTE + CI (cu CI s-a notat centrala de încălzire), totuși costurile variabile C_v descresc în așa măsură, încît la totalul costurilor ($C = C_f + C_v$) se obține o economie însemnată:

$$\Delta C = C_{CET} - (C_{CTE} + C_{CI}). \quad (1)$$

Repartizarea acestei economii pe cele două feluri de energie constituie o problemă importantă, de a cărei rezolvare depind în mare măsură calculele de rentabilitate și de costuri, nu numai ale marilor centrale de termoficare prevăzute în Directivele Congresului al XII-lea,

* Ing. Gabriel Hercz este pensionar al IRE Cluj-Napoca.

dar — în viitor — și cele ale micilor centrale industriale sau de bloc, funcționînd cu sistemul motor cu ardere internă — generator asincron — termopompă. Dificultățile privind alegerea unei metode de calcul adecvate sînt cauzate nu atît de caracterul bistructural al costurilor de energie, cît de antagonismul dintre metodele de calcul calorice și exergetice.

În această situație considerăm că nu este lipsită de interes examinarea critică a metodelor uzuale de analiză a costurilor de energie, în scopul determinării unor chei de repartizare, care să nu favorizeze nici una din felurile de energie produse cuplat, dar care să stimuleze utilizarea purtătorului de energie de către consumatorii de căldură, la un potențial exergetic cît mai scăzut.

Văzînd că metodele de analiză bazate pe principiul I al termodinamicii nu redau exact aspectul economic al procesului de producere cuplată a energiei electrice și termice, în calculul costurilor au fost introduse metodele exergetice bazate pe principiul al II-lea. Dar dacă exergia procesului ideal (E) a cantității de căldură (Q) aflată la temperatura T, poate fi exprimată (raportată la temperatura mediului ambiant T_0) cu relația cunoscută:

$$E = Q\frac{T - T_0}{T} = Q\left(1 - \frac{T_0}{T}\right), \qquad (2)$$

în cazul procesului Clausius-Rankine al turbinelor cu abur relația exergiei nu va fi atît de simplă, întrucît o parte a exergiei inițiale se pierde, transformîndu-se în anergie suplimentară, din cauza pierderilor ireversibile ce intervin în cursul procesului.

1.2. *Aplicarea calculelor exergetice în procesul Clausius-Rankine la turbinele cu abur*

Examinînd reprezentările procesului Rankine la turbinele cu condensație în diagrama $T-s$ (fig. 1*a*), respectiv $i-s$ (fig. 1*b*) și la turbinele cu contrapresiune (fig. 2*a*, respectiv 2*b*) putem constata că exergia utilă restantă (e_u) are valori diferite în funcție de desfășurarea procesului și de faza pentru care se execută bilanțul.

Astfel, la turbinele cu condensație, la pierderea de exergie a procesului ideal (corespunzînd în figura 1*a* dreptunghiului a_i cu aria 1—5—6—7), se adaugă pierderea de exergie inerentă acestor turbine, reprezentată prin dreptunghiul dublu hașurat e_p (cu aria $5-5^1-6^1-6$). Deci, pentru ca să se obțină valoarea specifică a exergiei utile (e_u), trebuie scăzută din exergia inițială (e) pierderea de exergie (e_p):

$$e_u = e - e_p. \qquad (3)$$

La turbinele cu contrapresiune (sau la prize), exergia căldurii (în fig. 2*a*·e_c cu aria 1—5—8—9) se adaugă partea recuperată e_{cs} (dreptunghiul 5—5′—8′—8) din pierderea suplimentară e_p (dreptunghiul 8—8′—6′—6). În acest caz exergia electrică utilă va fi exprimată prin relația:

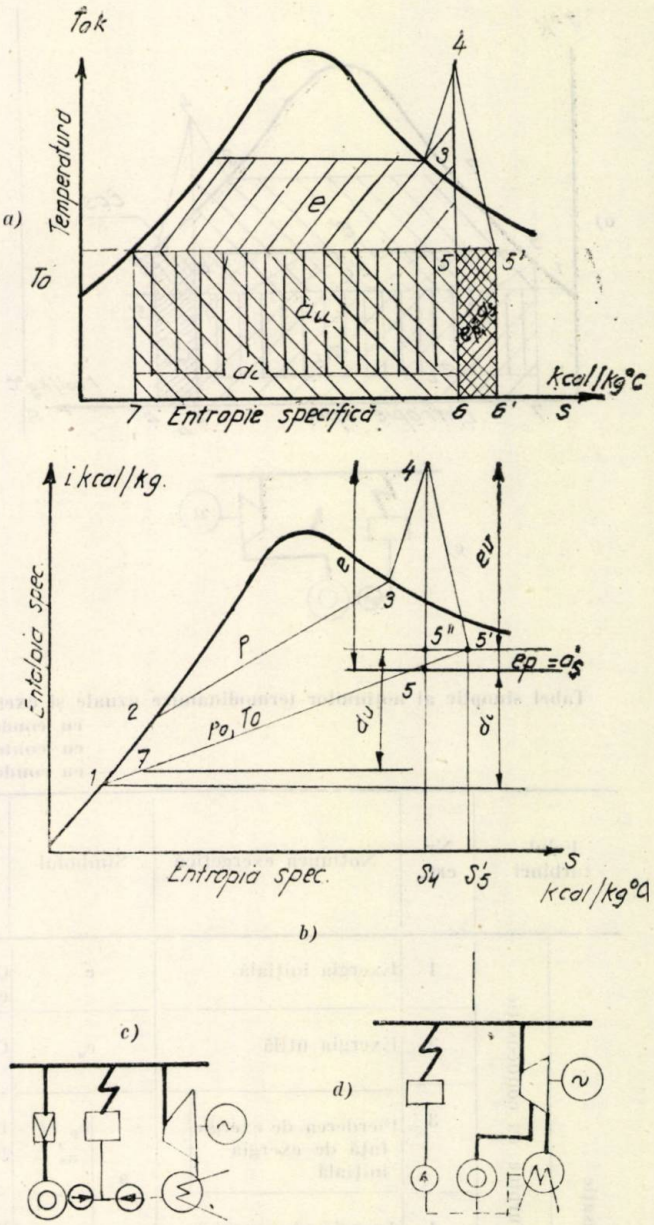


Fig. 1. Aplicarea elementelor de calcul exergetice în procesu Clausius-Rankine al turbinelor cu abur: a — procesul turbinelor cu condensație reprezentat în diagrama T-s; b — procesul turbinelor cu condensație reprezentat în diagrama i-s; c — schema turbogrupului cu condensație și a alimentării directe; d — schema turbogrupului cu condensație și cu priză, exergia inițială (e); anergia (a); anergia suplimentară (a_s); anergia utilă (a_u).

$$e'_u = e - e'_p - e'_c. \qquad (4)$$

Valorile acestor mărimi exergetice pot fi determinate cu ajutorul diagramei $i-s$ (vezi fig. 1*b* și 2*b*), conform relațiilor indicate în tabelul sinoptic 1.

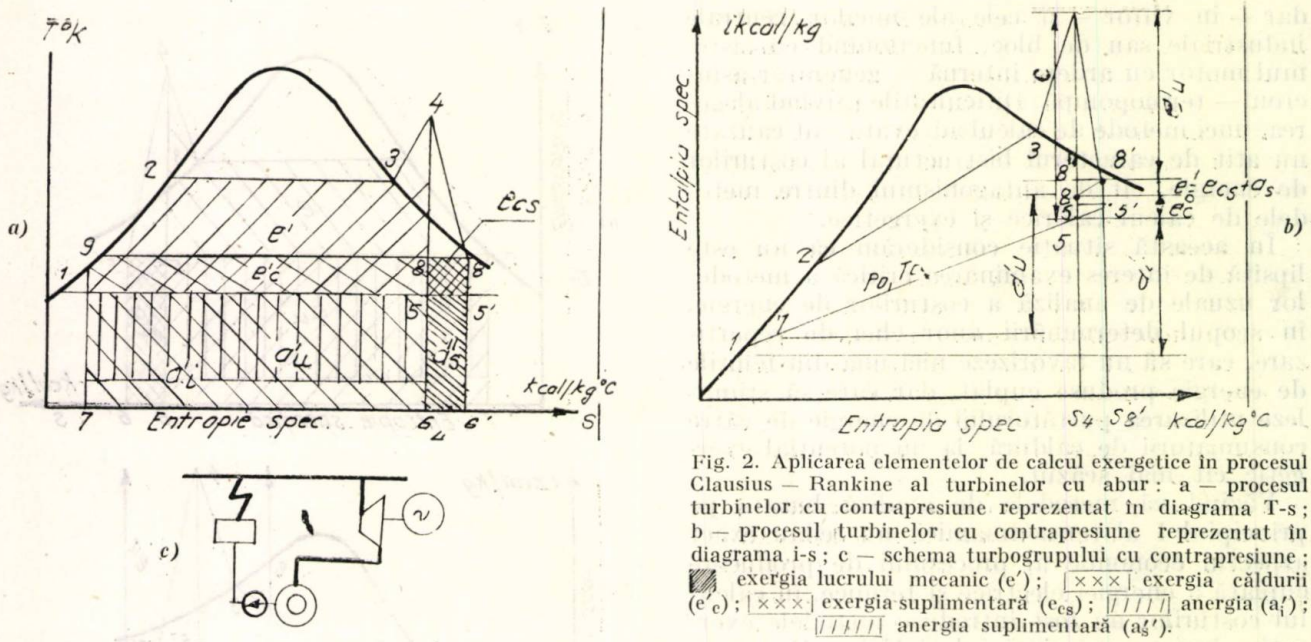


Fig. 2. Aplicarea elementelor de calcul exergetice în procesul Clausius — Rankine al turbinelor cu abur: a — procesul turbinelor cu contrapresiune reprezentat în diagrama T-s; b — procesul turbinelor cu contrapresiune reprezentat în diagrama i-s; c — schema turbogrupului cu contrapresiune; ▨ exergia lucrului mecanic (e'); |×××| exergia căldurii (e'c); |×××| exergia suplimentară (e_{cs}); |////| anergia (a_l'); |////| anergia suplimentară (a_s'').

Tabelul 1

Tabel sinoptic al noţiunilor termodinamice uzuale şi exergetice, la procesul Clausius — Rankine al turbinelor cu abur:
— cu condensaţie
— cu contrapresiune
— cu condensaţie şi priză

Felul turbinei		Nr. crt.	Noţiunea exergetică	Simbolul	Noţiunea uzuală	Simbolul	Relaţia conform diagramei i—s	Observaţii
Turbine cu priză şi condensaţie	Turbine cu condensaţie	1	Exergia iniţială	e	Cădere isentropică de entalpie	i_4-i_5	$e=i_4-i_5$	Idem şi la contrapresiune
		2	Exergia utilă	e_u	Cădere isentropică utilă	i_4-i_5''	$e_u=i_4-i_5''=i_4-i_5'$	
		3	Pierderea de exergie faţă de exergia iniţială	a $e_p=a_s'$	Pierderea de cădere a procesului real	$i_5''-i_5$	$e_p=a'=i_5''-i_5=To(S_5'-S_4)$	$a=a'+a_l$
		4	Anergie (Anexergie)	a a_l	Pierderea de cădere a procesului ideal	i_5-i_1	$a_l=i_5-i_1$	
	Turbine cu contrapresiune	5	Exergia procesului de lucru mecanic	e'	Cădere isentropică a procesului de lucru	i_4-i_8	$e'=i_4-i_8$	
		6	Exergia utilă a turbinei	e_u'	Cădere isentropică a turbinei	i_4-i_8'' / i_4-i_8'	$e_u'=i_4-i_8''$	
		7	Exergia căldurii — Procesul ideal	e_c e_c'	Cădere isentropică a căldurii	i_8-i_5	$e_c'=i_8-i_5$	$e_c=e_c'+e$
		8	Pierderi de exergie — Recuperare (exergie suplimentară)	e_c e_{cs} e_p'	Pierdere de cădere a procesului real — recuperare	$i_8''-i_8$ / $i_8'-i_8$	$e_{cs}=i_8''-i_8$	
				a_s''	— nerecuperate	i_8-i_5	$a''=i_8-i_5$	
		9	Anergie (anexergie)	a a_l	Pierdere de cădere a procesului ideal	i_5-i_1	$a_l=i_5-i_1$	$a=a''+a_l$

— Pentru turbina cu condensație, exergia inițială preluată de turbină va fi:

$$e = e_u + e_p = (i_4 - i_5) - T_0\ (s_4 - s'_5), \quad (5)$$

iar pentru turbina cu contrapresiune:

$$e = e'_u + e'_p + e'_c = (i_4 - i''_8) - T_0(s_4 - s''_8) + (i_8 - i_5) \quad (6)$$

— De aici randamentul exergetic al turbinelor cu condensație:

$$\eta^e_{ic} = 1 - \frac{T_0(s_5 - s_4)}{e} \quad (7)$$

și cel al turbinelor cu contrapresiune:

$$\eta^e_{icp} = 1 - \frac{T_0(s'_8 - s_4)}{e - (i_8 - i_5)}. \quad (8)$$

1.3. *Rolul anergiei în calculele exergetice*

Din cauza neconcordanței dintre noțiunea termodinamică a exergiei și aspectul tehnico-economic al procesului energetic, valoarea exergiei utile și în consecință și cea a anergiei complimentare, variază la procesele termotehnice reale nu numai după felul procesului, ci și în funcție de punctul de reper din fluxul de energie, independent de partea recuperabilă pentru încălzire. În consecință, se consideră oportună introducerea noțiunii de „anergie caloric utilă", sau simplu „anergie utilă", în concordanță cu noțiunea de exergie utilă, pentru acea parte a energiei care poate fi utilizată pentru încălzire. Exprimînd anergia cu relația:

$$A = T_0 \int_1^2 \frac{dQ}{T_2} = \frac{T_0}{T} \int_1^2 dQ' + dQ'' =$$

$$= \frac{T_0}{T} \int_1^2 dQ'_2 + \frac{T_0}{T} \int_1^2 dQ'', \quad (9)$$

unde anergia utilă:

$$A_u = \frac{T_0}{T} \int_1^2 dQ'' \quad (10)$$

și anergia restantă:

$$A_r = \frac{T_0}{T} \int_1^2 dQ', \quad (11)$$

s-au determinat cele două componente ale anergiei:

$A = A_u + A_r$; sau în unități specifice:

$$a = a_u + a_r. \quad (12)$$

1.4. *Metode de repartizare a costurilor la producerea cuplată a energiei electrice și termice*

Dacă la proiectarea centralelor noi și la calcularea prețului de cost al energiei produse de centralele mari trebuie să se țină cont de dubla structură a costurilor de energie, la centralele mijlocii și mici existente, zonale sau industriale (la care se prevede, extinderea sau introducerea termoficării), sînt suficiente, în primă aproximație, chei de repartizare operativă a costurilor. Aceste chei depind principial de reducerea pierderilor de căldură a procesului de producere cuplată a energiei și în consecință a consumului de combustibil al CET (C_{CET}):

$$C_{CET} \cong f(B_{CET}) \cong f(B_e + B_q), \quad (13)$$

unde: B_e este partea de consum repartizată energiei electrice;

B_q — partea de consum repartizată energiei termice.

Deci metodele diferă între ele prin criteriile de repartizare a combustibilului consumat (respectiv a costurilor aferente) pe cele două feluri de energie produsă și prin efectul economic realizat prin aplicarea lor.

Din punctul de vedere al criteriilor termodinamice, metodele utilizate pot fi împărțite în două grupuri:

a) variante ale metodei calorice, care țin cont principial de entalpia purtătorului de energie;

b) variante ale metodei exergetice, care aplică principiile exergetice, arătate la pct. 1.2.

După criteriul efectului economic se pot distinge:

— metode care avantajează energia electrică, atribuindu-i economiile realizate prin termoficare;

— metode care avantajează energia termică, lăsînd-o să beneficieze de economiile realizate.

Relațiile de bază ale metodelor respective, în funcție de consumul de combustibil repartizat celor două forme de energie (B_q și B_e) sînt date în tabelul 2, coloanele 3 și 4.

2. Variantele metodei calorice

2.1. *Formularea originală a metodei calorice*

În forma ei originală, metoda calorică pornește de la considerentul practic că din căderea de entalpie disponibilă este transformată în energie electrică numai exergia electrică utilă (e'_u), restul exergiei (exergia destinată energiei termice (e_c), precum și exergia suplimentară (e_{cs}), împreună cu cea mai mare parte a anergiei (a), fiind valorificate sub formă de căldură.

În consecință, consumurile de combustibil (și costurile aferente) în perioada analizată (B)

Tabelul 2

Metode de calcul al costurilor de energie electrică și termică, cu relațiile cheilor de repartizare a consumului de combustibil

Metoda	Varianta	Relația cheii de repartizare a consumului de combustibil		Observații
		Pentru energie termică B_q	Pentru energie electrică B_e	
a. Calorică	A. Forma inițială	$B\frac{e'_c + e_{cs} + a}{i_4 - i_1}$	$B\frac{e'_u}{i_4 - i_1}$	Avantajează energia electrică
	B. Echivalenței de producție	$B\frac{Q_p}{860\ W + Q_p}$	$B\frac{860\ W}{860\ W + Q_p}$	Avantajează energia electrică
	C. Proiect CET nou (cons. CT)	$B_{qcr} = Q_p \cdot b_{CI}$	$B - B_{qCI} = B - Q_p \cdot b_{CI}$	Avantajează energia electrică
	D. Ieftinirea energiei electrice	$B - \frac{860\ W}{\eta_m \cdot \eta_g}$	$\frac{860\ W}{\eta_m \cdot \eta_g}$	Avantajează energia electrică
	E. Fizică	$\frac{Q_p}{\eta_{caz}}$	$B - \frac{Q_p}{\eta_{caz}}$	Uzual se utilizează și în combinație cu metoda determinării debitelor termice de calcul pentru costuri fixe
b. Exergetică	A. Forma inițială	$B\frac{e_c}{e} \cong B\frac{e'_u}{e_u}$	$B\frac{e'}{e} \cong B\frac{e_{cu}}{e_u}$	Avantajează energia termică
	B. Forma îmbunătățită	$B\frac{e_c}{e_r}$	$B\frac{e'_u}{e_p}$	Avantajează energia termică
	C. Metoda ieftinirii căldurii	$B - W \cdot b_{CTE}$	$W \cdot b_{CTE}$	Avantajează energia termică
	D. Calculul valorii termodinamice	$\frac{e_{cu} \cdot Db_{CTE}}{860}$	$B - \frac{e_{cu} \cdot Db_{CTE}}{860}$	Se aplică în faza preț de cost
	E. Idem cu consumul specific de comb. sistem	$\frac{e_{cu} \cdot Db_{sist}}{860}$	$B - \frac{e_{cu} \cdot Db_{sist}}{860}$	Costul combustibilului Pcomb = = pc · B, unde pc = Preț combustibil lei/kg

se repartizează pe cele două feluri de energie (B_e și B_q), în raport cu căderea de entalpie valorificată :

$$B_e = B\frac{e'_u}{i_4 - i_1} = B\frac{i_4 - i''_8}{i_4 - i_1}, \qquad (14)$$

$$B_q = B\frac{e'_c + e_{cs} + a}{i_4 - i_1} =$$

$$= B\frac{(i_8 - i_5) + (i''_8 - i_8) + (i_5 - i_1)}{i_4 - i_1}. \qquad (15)$$

Cheia de repartizare stabilită cu această metodă încarcă energia termică la limita maximă a costurilor calculate pe baza unui raționament termodinamic (90% pentru căldură și 10% pentru energie electrică, la priza 1) (fig. 3).

Într-adevăr, pe de o parte, producerea anergiei purtătorului de căldură necesită consum de combustibil, de care profită mai mult producția de căldură, pe de altă parte, din definiția exergiei reiese valoarea mai redusă a acesteia.

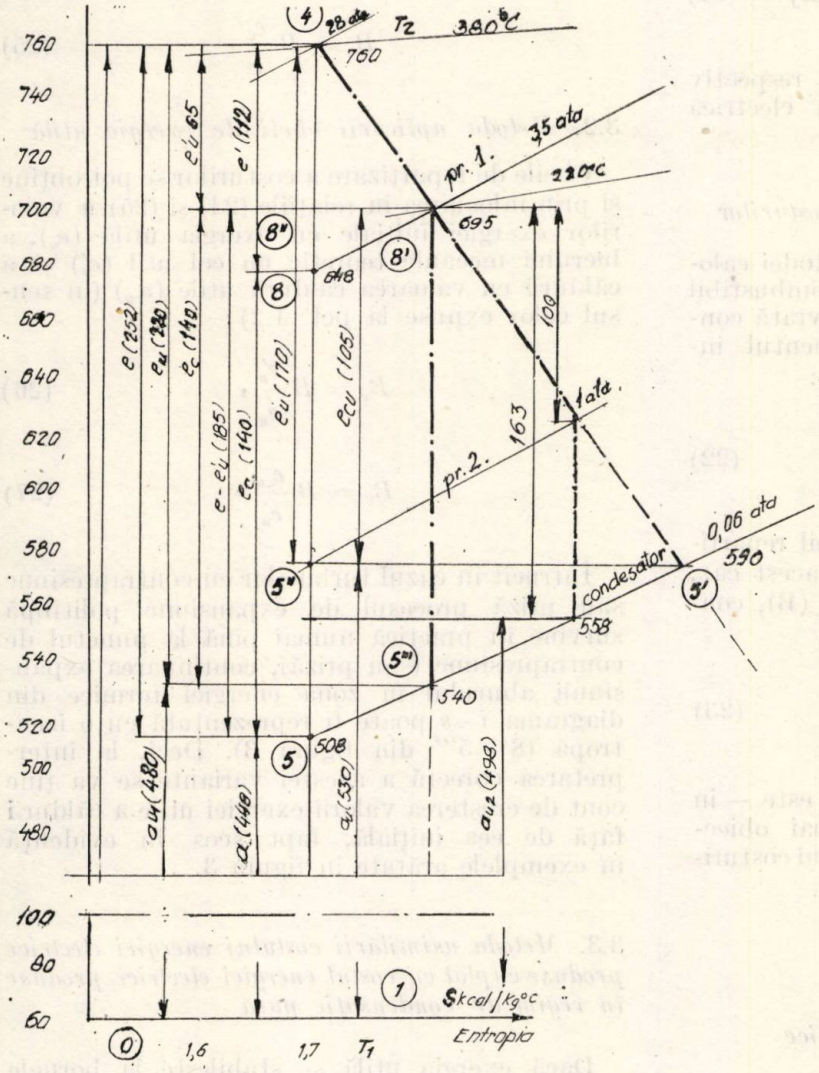
2.2. *Metoda de repartizare pe baza datelor anuale de producție*

Rezultate similare se obțin dacă cota parte din combustibil se calculează cu ajutorul datelor anuale de producție ale energiei electrice (W) și termice (Q_p). Consumul de combustibil aferent energiei termice (B_q) se obține în acest caz cu relația :

$$B_q = B\frac{Q_p}{860\ W + Q_p}, \quad [\text{Gcal/an}] \qquad (16)$$

iar consumul de combustibil pentru energia electrică (B_e) cu relația:

$$B_e = B \frac{860\ W}{860\ W + Q_p}, \quad \text{[Gcal/an]} \quad (17)$$



Cădere izentropică	Simbol	Noțiunea
4—5	e	Exergia teoretică
4—8''	e'_u	Exergia utilă
8'—5'	e_{cu}	Exergia utilă a căldurii
8'—5'''	e_c	Exergia teoretică a căldurii
4—5'''		Exergia totală
5—0		Anergia
5—1		Anergia utilă
4—1		Cădere totală izentropă

Fig. 3. Reprezentarea exergiei și anergiei în diagrama i—s la producție cuplată de energie electrică și termică (abur proaspăt și prize).

2.3. *Metoda asimilării costurilor aferente energiei termice de la CET cu cele ale unei CI cu același debit*

În cazul unei CET proiectate, metoda calorică poate fi aplicată în mod simplu, prin calcularea costurilor aferente energiei termice, în ipoteza că aceasta este produsă de o centrală de încălzire uzuală. În această variantă energia electrică este încărcată numai cu diferența dintre costurile globale ale CET și cele ale centralei de încălzire, profitînd de toată economia realizată.

În practică se utilizează forma redusă a metodei la repartizarea costurilor de combustibil (consumat pentru producerea cuplată a energiei), exprimată cu ajutorul următoarelor relații:

$$B_q = B_{CI} = Q_p \cdot b_{CI} \quad (18)$$

$$\text{și } B_e = B - B_{CI} = B - Q_r \cdot b_{CI}, \quad (19)$$

unde: B_{CI} este consumul de combustibil al unei CI;

b_{CI} — consumul specific de combustibil al unei CI.

2.4. *Metoda ieftinirii energiei electrice*

Această metodă avantajează în mod deliberat energia electrică, repartizîndu-i numai cota de combustibil corespunzătoare echivalentului ei termic, cu corecția pierderilor mecanice și electrice din grupurile TA:

$$B_e = \frac{860\ W}{\eta_m \cdot \eta_g} \quad \text{[Gcal/an]} \quad (20)$$

Din relația (20) reiese că energia termică se încarcă cu diferența de consum (și a costurilor aferente) pînă la consumul global al centralei:

$$B_q = B - \frac{860\ W}{\eta_m \cdot \eta_g}, \quad \text{[Gcal/an]} \qquad (21)$$

η_m și η_g fiind randamentul mecanic, respectiv electric al grupului, iar W — energia electrică produsă, GWh/an.

2.5. *Metoda fizică de repartizare a costurilor*

Metoda fizică este o variantă a metodei calorice, care stabilește consumul de combustibil pentru energia termică din căldura livrată consumatorilor, ținînd cont de randamentul instalațiilor de cazane din CET (η_{caz}):

$$B_q = \frac{Q_p}{\eta_{caz}}. \quad \text{[Gcal/an]} \qquad (22)$$

Partea din consumul de combustibil repartizată energiei electrice, se obține, în acest caz, scăzînd din consumul global al CET (B), consumul pentru energia termică (B_q):

$$B_e = B - B_q = B - \frac{Q_p}{\eta_{caz}}. \qquad (23)$$

Dintre metodele calorice, aceasta este — în limitele posibilităților date — cea mai obiectivă, fiind deseori utilizată la calculul costurilor de energie la CET.

3. Variantele metodei exergetice

3.1. *Forma inițială a metodei exergetice*

Cheia utilizată la repartizarea costurilor de energie electrică și termică, de metoda exergetică în forma inițiată de Z. Rant, este constituită din raportul dintre exergia purtătorului de energie transformată în turbină în lucru mecanic (e') și exergia totală la intrarea în turbină (e), pentru energia electrică produsă, respectiv exergia căldurii (e_c) și exergia totală (e), pentru energia termică. Restul conținutului de căldură al purtătorului de energie se consideră ca energie (a) fără valoare.

Dacă se ține cont de faptul că delimitarea zonelor exergetice sus-menționate față de exergia totală, în reprezentarea procesului din diagrama $i-s$, necesită prelungirea politropei liniei de expansiune a aburului în turbină pînă la punctul de condensare, atît în cazul turbinelor cu prize, cît și al celor cu contrapresiune, atunci cheile de repartizare a consumului de combustibil pot fi exprimate prin relațiile:

$$B_e = B\frac{e'}{e}, \qquad (24)$$

$$B_q = B\frac{e_c}{e}. \qquad (25)$$

3.2. *Metoda aplicării cheii de exergie utilă*

Cheile de repartizare a costurilor se pot obține și prin înlocuirea în relațiile (24) și (25) a valorilor exergiei inițiale cu exergia utilă (e_u), a lucrului mecanic teoretic cu cel util (e'_u) și a căldurii cu valoarea căldurii utile (e_{cu}) (în sensul celor expuse la pct. 1.2):

$$B_e = B\frac{e'_u}{e_u}, \qquad (26)$$

$$B_q = B\frac{e_{cu}}{e_u}. \qquad (27)$$

Întrucît în cazul turbinelor cu contrapresiune sau priză procesul de expansiune politropă survine în practică numai pînă la punctul de contrapresiune (sau priză), continuarea expansiunii aburului în zona energiei termice din diagrama $i-s$ poate fi reprezentată cu o izentropă ($8'-5'''$ din figura 3). Deci, la interpretarea corectă a acestei variante se va ține cont de creșterea valorii exergiei utile a căldurii față de cea inițială, fapt scos în evidență în exemplele arătate în figura 3.

3.3. *Metoda asimilării costului energiei electrice produse cuplat cu costul energiei electrice produse în regim de condensație pură*

Dacă exergia utilă se stabilește la bornele generatorului ,aceasta poate fi considerată și în cazul producerii cuplate, ca fiind produsă într-o turbină cu condensație pură. În această situație consumul de combustibil aferent energiei electrice (B_e) se obține înmulțind energia electrică produsă cu consumul specific al unei CTE cu condensație (la sarcina medie dată), (b_{CTE}), iar cel al energiei termice (B_q) [rămîne ca diferența acestuia față de consumul total al centralei (B):

$$B_e = W \cdot b_{CTE}, \qquad (28)$$

$$B_q = B - W \cdot b_{CTE}. \qquad (29)$$

Se înțelege că și în acest caz energia termică beneficiază de întreaga economie realizată prin termoficare, ceea ce se întîmplă de altfel și la variantele următoare.

3.4. *Metoda calculului valorii termodinamice a combustibilului consumat pentru producerea energiei termice*

Un exemplu de aplicare consecventă a principiilor exergetice este varianta calculului valorii termodinamice a combustibilului necesar pentru producerea căldurii, în funcție de combustibilul aferent energiei electrice ce s-ar fi putut produce (renunțind la producția de energie termică cu debitul D, în kg) într-o CTE cu condensație:

$$B_q = \frac{e_{cu} \cdot D}{860} \cdot b_{CTE}, \qquad (30)$$

unde: e_{cu} este exergia utilă a căldurii, în kcal/kg;

b_{CTE} — consumul specific de combustibil pentru producerea energiei electrice în regim de condensație.

În această situație consumul de combustibil repartizat energiei electrice (B_e) va fi exprimat cu relația:

$$B_e = B - B_q = B - \frac{e_{cu} \cdot D}{860} \cdot b_{CTE}. \qquad (31)$$

3.5. *Calculul valorii termodinamice a căldurii cu ajutorul consumului specific al sistemului*

Menționăm că energia termică este și mai avantajoasă prin subvarianta calculului valorii termodinamice a combustibilului necesar producerii energiei termice, care înlocuiește, în relațiile (30) și (31), consumul specific de combustibil al unei CTE (b_{CTE}), cu consumul specific de combustibil al sistemului interconectat (b_{sist}):

$$B_q = \frac{e_{cu} \cdot D}{860} b_{sist}, \qquad (32)$$

$$B_e = B - B_q = B - \frac{e_{cu} \cdot D}{860} b_{sist}. \qquad (33)$$

4. Metode bistructurale

4.1. *Aplicarea de chei separate pentru costurile fixe și variabile*

Toate metodele prezentate mai sus repartizează costurile aferente celor două feluri de energie produse cuplat pe baza consumului de combustibil, factorul determinant al costurilor variabile. Ținînd cont de dubla structură a costurilor de energie, pentru determinarea mai exactă a acestora, unele din cheile prezentate au fost completate cu o cheie suplimentară pentru repartizarea costurilor fixe. Deci, în loc să se considere costul energiei termice (C_q) o simplă funcțiune a consumului de cărbune (B_q):

$$C_q = f(B_q), \qquad (34)$$

se stabilește relația:

$$C_q = f(B_q + P_{CTE}). \qquad (35)$$

Dacă valoarea consumului de combustibil aferent energiei termice (B_q) se poate lua, de exemplu, din relația (30), costurile fixe pot fi stabilite cu ajutorul unei relații care prevede scăderea costurilor fixe ale CET în măsura în care puterea centralei, pusă la dispoziția sistemului în regim normal de termoficare, înlocuiește o CTE cu condensație de aceeași putere (P_{CTE}).

În consecință, o cheie operativă de repartizare bistructurală a costurilor de energie termică (C_q) a unei CET proiectată se poate obține înmulțind puterea echivalentă calculată (P_{CTE}) cu costul unui kilowatt instalat (c_p) — stabilit prin normative — și adăugînd valoarea obținută la produsul dintre combustibilul calculat (cu relația (30)) și prețul combustibilului — inclusiv celelalte cheltuieli relatate — (c_q), exprimat în lei/Gcal:

$$C_q = c_q \cdot \frac{e_{cu} \cdot D}{860} \cdot b_{CTE} + c_p \cdot P_{CTE}. \qquad (36)$$

La rîndul lui costul energiei electrice produse în CET (C_e) se obține scăzînd din costul global al energiei produse cuplat (C_t), costul energiei termice calculat conform relației (36):

$$C_e = C_t - C_q = C_t - \left[c_q \frac{e_{cu} \cdot D \cdot b_{CTE}}{860} + c_p \cdot P_{CTE} \cdot \right. \qquad (37)$$

4.2. *Metoda debitelor termice de calcul pentru repartizarea costurilor fixe ale energiei electrice și termice produse cuplat*

Structura cheltuielilor fixe aferente celor două forme de energie poate fi determinată cu ajutorul metodei debitelor termice de calcul, care ține cont de duratele de utilizare ale debitelor termice nominale în favoarea fiecăreia. Pentru determinarea cheltuielilor variabile poate fi aplicată oricare din metodele descrise anterior (de exemplu varianta fizică a metodei calorice de la pct. 2.5. este deseori utilizată în completare).

Analizînd cazul general al CET cu condensație și prize pentru alimentarea consumatorilor termici, debitul termic nominal total (q^n) poate fi exprimat printr-o relație compusă din termenii:

$$q^n = O^n + K_0^n = q_p^n + q_e^n + K_0^n, \qquad (38)$$

în care : q_e^n reprezintă partea din debitul termic nominal produs cuplat (O^n) aferentă energiei electrice, iar q_p^n celei termice. De aici reiese că din debitul $O^n = q_p^n + q_e^n$, orice parte poate fi folosită atît pentru livrare de căldură cu producere concomitentă de energie electrică, cît și numai pentru energie electrică singură, pe cînd termenul K_0^n reprezintă partea din debitul total care nu poate servi decît la producerea energiei electrice.

Deci, debitul termic nominal total se defalcă în două debite termice de calcul, repartizate pe căldura ($q_{t\,calc.}$), respectiv pe energia electrică livrată ($q_{e\,calc}$) :

$$q^n = q_{t\,calc.} + q_{e\,calc.} \qquad (39)$$

Întrucît însă debitul termic orar efectiv livrat în cursul anului variază permanent, la stabilirea solicitării debitului O^n de către cele două feluri de energie, trebuie să se țină cont de duratele de utilizare anuale ale debitelor termice nominale corespunzătoare.

O evidență a consumului de căldură anual arată că debitul termic nominal produs în regim de termoficare (q_p^n) a fost folosit h_t ore pe an (producînd cantitatea de căldură $h_t \cdot q_p^n$) și că în același regim au fost numeroase perioade cînd debitul absorbit de consumatorii termici a fost mult inferior celui nominal (h_x ore pe an). Cu debitul nesolicitat (K_x) se putea produce în această situație energie electrică corespunzătoare cantității anuale de căldură $K_x \cdot h_x$ (în completarea lui q_e^n).

Astfel, pentru producerea de energie electrică din debitul nominal O^n, partea q_e^n este folosită cu durata de utilizare de h_t ore, iar cealaltă parte, K_x^n cu o durată de h_x ore. În consecință, debitul de calcul aferent energiei electrice ($q_{e\,calc.}$) poate fi exprimat prin relația :

$$q_{e\,calc.} = K_0^n + \frac{h_t}{h_t + h_x} q_e^n + \frac{h_x}{h_t + h_x} \cdot K_x^n$$

[în Gcal/h] (40)

Este evident că livrarea căldurii q_p^n (ca parte din O^n) se face tot cu durata de utilizare anuală de h_t ore. În cursul anului însă nu este folosită cu timpul h_x partea din $O^n \ldots O^n - K_x = O_x^n$, fapt de care se va ține cont în relația debitului termic de calcul (expresia (42)):

$$q_{t\,calc} = q_p^n \frac{h_t}{h_t + h_x} + O_x^n \frac{h_x}{h_t + h_x}, \text{ [în Gcal/h]} \qquad (41)$$

sau înlocuind pe O_x^n conform celor de mai sus :

$$q_{t\,calc} = q_q^n - \frac{h_x}{h_t + h_x}(K_x^n - q_e^n). \text{ [în Gcal/h]} \qquad (42)$$

Cu ajutorul debitelor termice de calcul indicate în relațiile (40) și (42) se pot stabili cheile de repartizare a cheltuielilor fixe anuale comune ambelor energii :

$$X_e = \frac{q_{e\,calc.}}{q^n} (43); \text{ și } X_t = \frac{q_{t\,calc.}}{q^n}. \qquad (44)$$

Adăugînd valorile obținute prin aplicarea cheilor de repartizare la cheltuielile fixe privitoare exclusiv la energia electrică produsă, respectiv la energia termică vîndută (identificate anterior), se obțin valori mai apropiate de realitate ale costurilor fixe totale, aferente celor două feluri de energie.

Este evident, că în cazul CET cu contrapresiune, factorii K_o^n, K_x^n și h_x fiind nuli, cheile de defalcare se simplifică :

$$X_e = \frac{q_e^n}{q_p^n + q_e^n} (45); \; X_t = \frac{q_p^n}{q_p^n + q_e^n}. \qquad (46)$$

5. Analiza critică a metodelor uzuale și propuneri privind îmbunătățirea repartizării operative a costurilor pe formele cuplate de energie

5.1. *Analiza metodelor de repartizare a costurilor pe un exemplu concret*

Un exemplu tipic, care se pretează la examinarea metodelor operative de repartizare a costurilor, este cazul unei CET cu condensație și două prize de termoficare, de parametri medii :

— Presiunea aburului proaspăt : $p = 28$ at ; temperatura aburului proaspăt: $t = 380°C$.

— Presiunea aburului priza 1: $p_1 = 3{,}5$ at ; temperatura aburului: $t_1 = 230°C$.

— Presiunea aburului priza 2: $p_2 = 1{,}0$ at ; temperatura aburului priza 2 : $t_2 = 140°C$.

Pentru a putea scoate în evidență variația valorică a cheilor de repartizare a costurilor de energie rezultate din principalele variante ale metodei exergetice și calorice, relațiile de bază ale acestora (centralizate în tabelul 2) au fost aplicate la cazul prezentat mai sus, conform modelului indicat în figura 3.

Elementele de calcul și valorile cheii de repartizare a costurilor aferente energiei termice vîndute, obținute cu ajutorul metodelor menționate (completate cu cele ale metodei propuse), sînt sintetizate în tabelul 3. Rezultatele finale, reprezentate în graficul din figura 4, indică procentajul de costuri cu care este încărcată energia termică de fiecare dintre ele.

Din analiza efectuată reiese că variantele metodei calorice (grupa A din tabelul 3 și figura 4) nu numai că avantajează energia electrică încărcînd costurile în cea mai mare parte pe căldură, dar, prin neglijarea gradului de entropie al purtătorului de energie, determină consumatorii de căldură să renunțe la potențialul

Tabelul 3

Tabelul coeficienților de repartizare a costurilor energiei electrice și termice produse cuplat de o CET cu condensație și priză conform reprezentării în diagrama i—s din figura 3

Parametrii abur prelevat	Pata	t°C	Kcal/kg
— proaspăt	28	380	760
— priza 1	3,5	220	695
— priza 2	1,0	140	660
— condensat	1,0	60	60

Metoda	Varianta	Priza nr.	Entalpia i sau $i-i'$	Exergia		Lucrul mecanic Exergia electrică				Energia termică								
										Exergia căldurii				Anergia utilă a_u		Căldura de calcul		Cheia termică
				Simbol	Valoare	Simbol	Valoare	% e	% i	Simbol	Valoare	% e	% i	Valoare	% i	Simbol	Valoare	Valoare
A. Calorică	a) cu cădere teoretică	1	760			e'	112		14,7							$i_c=$	648	0,85
		2					163		21,5							$i-e$	597	0,785
	b) cu cădere utilă	1				e'_u	65		8,6							$i_c=$	695	0,91
		2					100		13,1							$i-e_u$	660	0,869
B. Exergetică	a) cu cădere teoretică	1	700	e	252	e'	112	44,4	16	e_c	140	55,5	20	448	64	e_c	140	0,56
		2					163	64,7	23,3		89	35,3	12,7				89	0,35
	b) cu cădere utilă	1		e_u	220	e'_u	65	29,5	9,3	e_{cu}	155	70,4	22,1	480	68,6	e_c	155	0,70
		2			202		100	49,5	14		102	50,5	14,5	498	71,1		102	0,50
C. Corectată	a) cu cădere teoretică	1	700	e	252	e'	112	44,4	16	e	140	55,5	20	448	64	e'_c	388,6 500,6	0,775
		2					163	64,7	23,3		89	35,3	12,7				245,8 408,9	0,6
	b) cu cădere utilă	1			220	e'_u	65	29,5	9,3	e_{cu}	155	70,4	22,1	480	68,6	e'_c	492,9 557,9	0,88
		2			202		100	49,5	14		102	50,5	14,5	498	71,1		344,4 444,4	0,775

exergetic ridicat. La rîndul lor variantele exergetice (grupa B), deși mai corect formulate, avantajează energia termică, neținînd cont de posibilitatea valorificării unei părți din anergie în scopuri practice.

Dintre variantele exergetice, cheia care folosește căderea isentropică utilă (k_{cu}) se apropie totuși mai mult de situația economică reală, fapt ce apare confruntînd valoarea acestei chei cu valoarea cheii exergetice cu cădere isentropică teoretică (k_{et} în tabelul 3 și figura 4):

— la priza 1... $k_{cu1} = 0{,}7$; $k_{et1} = 0{,}56$,

— la priza 2... $k_{cu2} = 0{,}5$; $k_{et2} = 0{,}35$.

5.2. *Criteriile unei metode obiective cu eficiență economică mărită*

S-a văzut că rolul anergiei considerată de metodele exergetice ca lipsită de orice valoare nu poate fi neglijat la stabilirea costurilor de energie termică și electrică produsă cuplat. Într-adevăr, dacă producerea acestei părți a conținutului de căldură al purtătorului de energie necesită o cantitate dată de combustibil (pe lîngă celelalte elemente de cost), este echitabil și avantajos din punct de vedere economic, ca ambele forme de energie să suporte par-

tea cuvenită din costurile aferente, în funcție de gradul de entropie al energiei consumate.

Pornind de la acest principiu în căutarea unei chei de repartizare a costurilor de energie, este la punctele b și c, trebuie să se caute factorul cu ajutorul căruia să se introducă în relație cuvenita parte din anergia utilă (recuperabilă sub formă de căldură) — respectînd totodată

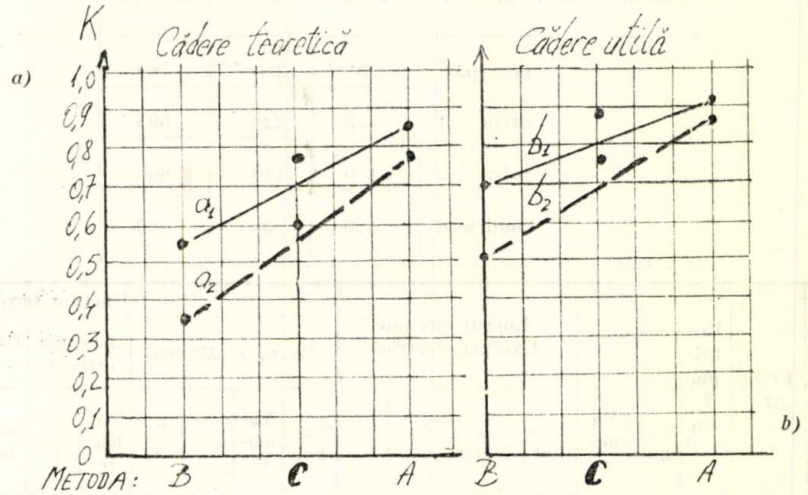


Fig. 4. Graficul sinoptic cu valorile cheilor de repartizare a costurilor energiei termice calculate cu ajutorul : A — metodei calorice ; B — metodei exergetice ; C — metodei exergetice cu corecție de anergie utilă ; a — la căderea adiabatică teoretică ; b — la căderea adiabatică utilă ; —— priza P_1 ; ····· priza P_2

evident că metoda de calcul trebuie să satisfacă următoarele criterii :

a) trebuie să se bazeze pe principiul exergiei, pentru ca să ia în calcul valoarea energetică scăzută a părții practic netransformabile în lucru mecanic sau energie electrică din entalpia purtătorului de căldură (de exemplu anergia aburului prelevat pentru termoficare) ;

b) trebuie să difere de metodele exergetice uzuale prin includerea părții utile a anergiei în calculul costurilor ;

c) relația care exprimă cheia de repartizare a costurilor trebuie să aplice un coeficient de corecție la valoarea anergiei, stabilit în funcție de randamentul exergetic al procesului de transformare a energiei în forma solicitată, astfel încît să stimuleze consumul de căldură la parametrii inferiori ;

d) relația care exprimă cheia de repartizare operativă trebuie să aibă o formă simplă, să nu necesite colectarea și prelucrarea anevoioasă a multor date primare și să utilizeze — după posibilitate — elemente de calcul ușor accesibile, utilizate în mod curent.

5.3. Metoda exergetică cu factor de corecție pentru anergia utilă

Pentru satisfacerea criteriului de la pct. a 5.2 a. la stabilirea cheii termice de repartizare a costurilor trebuie să se pornească de la relația exergetică de bază : $k_q = \frac{e_c}{e}$ (vezi pct. 3.1., relația 25), după care, conform celor prevăzute condiția stipulată la pct. d cu privire la operativitatea factorului de corecție.

Ținînd seama de aceste criterii este logic, ca la stabilirea cheii termice exergetice cu corecție anergetică (k_{qa}), să se utilizeze ca factor de corecție chiar produsul dintre relația exergetică $\left(k_q = \frac{e_c}{e}\right)$ cu anergia utilă (a_u), adunat atît la numitorul, cît și la numărătorul cheii exergetice (k_q) :

$$k_{qa} = \frac{e_c + k_q \cdot a_u}{e + k_q \cdot a_u}. \qquad (47)$$

Astfel se introduce anergia utilă în relația exergetică, menținîndu-i caracterul exergetic și adăugîndu-i totodată un efect de stimulare al consumului de energie pentru încălzire, la un nivel cît mai scăzut de exergie. Acest lucru este valabil atît pentru valorile limită ale cheii k_{qa}, cît și valorile intermediare, reprezentate prin rezultatele exemplelor de calcul (vezi tabelul 3 și figura 4).

Se poate constata mai departe, că valoarea cheii termice corectată variază între extremele : maximă (~100% costuri) la consumul exclusiv de abur proaspăt și minimă la utilizarea exclusivă a condensatului sau apei de răcire de la agregatele de forță pentru încălzire ; deci cheia propusă are la limita superioară caracterul metodei calorice, iar la cea inferioară prezintă proprietățile metodei exergetice.

Verificarea aplicării cheii termice propuse, pe exemplul concret al energiei termice livrate de la prizele de medie și joasă presiune ale unei turbine cu condensație și priză de termoficare, pe lîngă utilitatea introducerii în calcul a anergiei utile, confirmă și păstrarea avantajului metodelor exergetice de a stimula consumul de abur cu parametrii inferiori, prin situarea punctelor corespunzătoare aburului de la priza 1, respectiv priza 2, determinate cu cheia corectată (C_1 și C_2 din figura 4) în apropierea distanței mediane dintre punctele obținute cu metoda exergetică (A_1 și A_2) și cele calculate cu metoda calorică (B_1 și B_2).

Toate acestea demonstrează oportunitatea utilizării metodei exergetice cu factor de corecție pentru repartizarea operativă a costurilor de energie produsă în CET pe consumatorii termici și electrici.

5.4. *Posibilitățile de extindere a metodei exergetice cu factor de corecție*

Dacă rolul preponderent al costurilor variabile (în special al celor cauzate de combustibilul consumat), face posibilă utilizarea cheii operative cu factor de corecție în scopul repartizării operative în mod echitabil a costurilor pe cele două feluri de energie produse cuplat, totuși uneori este nevoie de calcularea mai exactă a costurilor aferente atît energiei electrice, cît și celei termice. În acest caz, în relația cheii termice corectate (47) pot fi introduși și factorii determinanți ai costurilor fixe stabiliți fie după metoda indicată la pct. 4.1, fie după cea expusă la pct. 4.2.

Nu putem să nu menționăm faptul, că în cazul unor CET conectate la circuite cu mari pierderi, sau la procese tehnologice care nu restituie o parte din purtătorul de căldură, costurile legate de prepararea apei suplimentare devin un factor important al costurilor de energie, de care trebuie să se țină cont chiar și la un calcul operativ, altfel decît prin fixarea unui preț de cost separat, stabilit independent de calitatea și cantitatea apei, respectiv aburului nerestituit.

Această problemă devine mai importantă mai ales în cazul unor CET situate în zone cu apă de mare duritate și la centralele industriale deservind instalații mari consumatoare nu numai de energie termică, dar și de purtătorul acesteia (abur sau apă). Rezolvarea problemei complexe de urmărire operativă a costurilor de energie în funcție de doi factori principali (consumul de combustibil și de apă) este posibilă prin completarea cheii cunoscute de repartizare a costurilor cu un factor care să țină seama de elementele calitative și cantitative suplimentare care influențează direct sau indirect costurile energiei electrice și termice produse la CET.

La determinarea factorului suplimentar de corecție se va ține cont, în afară de procentajul de apă sau condensat nerestituit, de calitatea dată a apei de alimentare (asigurată din sursele naturale existente) și de calitatea solicitată a apei de alimentare pentru buna funcționare a instalațiilor termoenergetice (în funcție de parametrii aburului și ai sistemului de construcție a cazanului).

Ambele categorii de elemente pot fi clasificate pe baza datelor din literatura de specialitate (4—5 clase de duritate a apelor naturale și tot atîtea clase pentru apa de alimentare, după parametrii aburului), fapt ce face posibilă utilizarea unei nomograme simple la calcularea rapidă a factorului de corecție, respectiv a cheii de repartizare corectată.

Bibliografie

[1] Cernea, A. R., Trifu, C.: *Utilizarea calculelor exergetice în studiul proceselor caracteristice cazanelor de abur.* În: Energetica nr. 11 1961, pg. 481.

[2] * * * *Simpozionul ONU privind problemele de alimentare cu căldură și energie electrică a marilor ansambluri industriale. Concluzii.* În: Energetica, nr. 10/1968, p. 429.

[3] Popa, B., Vintilă, C.: *Termotehnica și mașini termice.* Editura Didactică și Pedagogică, București, 1977.

[4] * * * *Manualul inginerului termotehnician.* Editura Tehnică, București, 1961.

[5] Grossmann, P: *Energie und Exergie.* În: BWK, nr.11/1961, p. 481.

[6] Bach, R. D.: *Definition und Berechnung von Energie und Anergie.* În: BWK, nr. 7/1965.

[7] Weingärtner, W.: *Exergiebetrachtung des Dampfkraftrozesses.* În: BWK, nr. 7/1965.

[8] Fratzscher, W.: *Zum Begriff des exergetischen Wirkungsgrades,* BWK, nr. 11/1967, p. 486.

[9] Fratzscher, W., Gruhn, G.: *Die Bedeutung und Bestimmung des Umgebungszustandes für exergetische Untersuchungen.* În: BWK, nr. 12/1965.

[10] Hromek, R.: *Aufteilung des Investitions und Erzeugungskosten in der Heizwirtschaft.* În: BWK, nr. 9/1972, p. 344.

(Primit la 11 octombrie 1982, acceptat la 4 aprilie 1983)

(54)TITLUL : **Clemă-scurtcircuitor pentru celule electrice de joasă şi medie tensiune**

(72) Inventatori : Ludovic Etedi — sat Mănăstirea, com. Mica, jud. Cluj-Napoca ; Iosif Molnar — Dej, jud. Cluj-Napoca
(21) Dosar nr. : 95827
(22) Data înregistrării : 06.12.1978
(45) Data publicării : 30.09.1980
(51) Clasificarea internaţională :H 02 B1/16
(11) Brevet România nr. 75002
(73) Titular : Intreprinderea de reţele electrice — Cluj-Napoca

Invenţia se referă la o clemă -scurtcircuitor pentru celulele electrice de joasă şi medie tensiune, la care barele sînt inaccesibile din direcţie perpendiculară pe planurile lor.

În scopul scurtcircuitării şi legării la pămînt a conductoarelor de fază din staţiile şi reţelele electrice în cadrul lucrărilor de întreţinere programate, sînt cunoscute dispozitive şi cleme de construcţii diferind în funcţie de tensiunile de lucru respective. Aceste dispozitive şi cleme (nr. 67229 ; 70618 ; 73741) prezintă dezavantajul că nu pot fi utilizate în cazul celulelor de joasă sau medie tensiune ale căror bare sînt inaccesibile din direcţie perpendiculară pe planurile lor ; este cazul celulelor electrice ale căror panouri maschează barele fazelor.

Clema-scurtcircuitor, conform invenţiei, înlătură dezavantajul sus-menţionat, prin aceea că, în scopul fixării sale pe bare inaccesibile din direcţie perpendiculară pe planurile acestora, este constituită dintr-o piesă suport care se montează pe bara celulei, dintr-un sector circular mobil, articulat faţă de piesa suport, pentru presarea pe bară a unei plăcuţe mobile prin intermediul unei tije suport culisînd printr-un orificiu practicat la partea inferioară a piesei suport, dintr-o furcă mobilă de care se fixează piesa suport la diferite înclinări faţă de aceasta, dintr-un resort elicoidal, montat coaxial cu tija suport între piesa suport şi o şaibă opritor fixată de extremitatea inferioară a tijei suport, pentru retragerea plăcuţei mobile faţă de bara celulei, precum şi dintr-un prezon, prevăzut cu un ştift la extremitatea nefiletată, înfiletat în baza furcii mobile, astfel încît prin acţionarea extremităţii cu ştift cu ajutorul unei prăjini electroizolante, extremitatea filetată a prezonului presează sectorul circular mobil realizînd fixarea plăcuţei mobile pe bara celulei.

Se dă în continuare un exemplu de realizare a invenţiei, ilustrat cu figurile 1—5, care reprezintă :

— figura 1, vedere laterală a clemei scurtcircuitor asamblate ;
— figura 2, vedere laterală a piesei suport ;
— figura 3, vedere de sus a piesei suport ;
— figura 4, vedere frontală a furcii mobile ;
— figura 5, vedere de sus a plăcuţei mobile.

Clema-scurtcircuitor, conform invenţiei ,este constituită dintr-o piesă suport *1*, executată din bronz sau aluminiu, avînd o conformaţie în *U* adecvată fixării sale pe barele celulei electrice. Piesa suport *1* este prevăzută cu o ureche *a* găurită în scopul fixării unui bolţ filetat *2*, pe care poate oscila un sector circular mobil *3* ; de asemenea, piesa suport *1* este prevăzută la partea inferioară cu o gaură străpunsă prin care se poate deplasa o tijă suport *4*, precum şi cu o gaură pentru fixarea piesei suport de o furcă mobilă *5*. Sectorul circular mobil *3*, executat din tablă de oţel, este prevăzut la extremitatea de oscilaţie cu o gaură prin care trece un umăr al bolţului filetat *2*, iar dimensiunile sectorului mobil *3* sînt astfel alese încît extremitatea sa liberă să fie în contact cu extremitatea inferioară a tijei suport *4*.

Tija suport *4* fixată la extremitatea superioară, aflată în spaţiul interior în formă de *U* al piesei suport *1*, o plăcuţă mobilă *6*, astfel încît bara celulei este strînsă între plăcuţa mobilă *6* şi partea superioară a piesei suport *1*.

În scopul demontării clemei-scurtcircuitor, prin distanţarea plăcuţei mobile *6* de bara celulei, pe extremitatea inferioară a tijei suport *4* este montat un resort elicoidal *7* ; resortul *7* este presat între partea inferioară a piesei suport *1* şi o şaibă opritor *8* fixată pe extremitatea inferioară a tijei suport *4*. Furca mobilă *5*, executată din tablă de oţel, are partea inferioară — de legătură între cele două extremităţi — îngroşată prin sudarea unei piuliţe şi prevăzută cu o gaură filetată, în care se înfiletează o extremitate a unui prezon *9*.

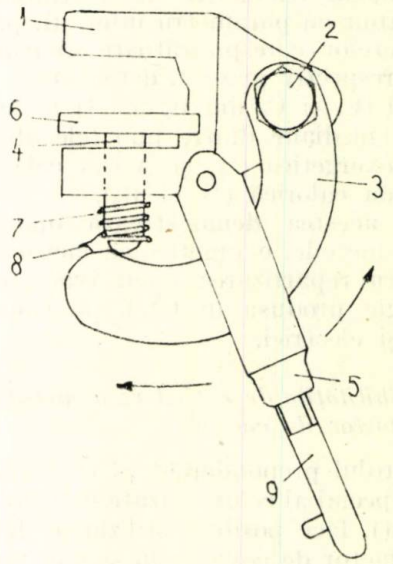


Fig. 1.

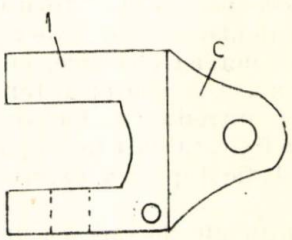


Fig. 2.

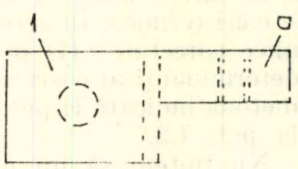


Fig. 3.

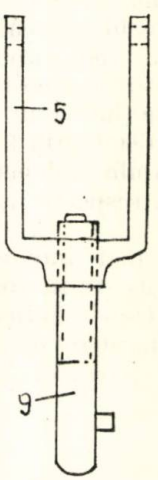


Fig. 4.

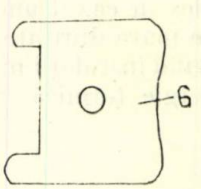


Fig. 5.

Cealaltă extremitate a prezonului este prevăzută cu un ştift pentru a putea fi antrenat de operator prin intermediul unei prăjini electroizolante de construcţie cunoscută.

Unghiul de montaj al clemei scurtcircuitor, conform invenţiei, se poate regla între 0 şi 90° prin strîngerea piesei suport *1* de către furca mobilă *5*, utilizînd în acest scop un şurub mon-

*) Rubrică întocmită de ing. C. Văideanu ICEMENERG,

tat în gaura de la partea inferioară a piesei suport *1*. Legarea la pămînt a clemei scurtcircuitor se realizează printr-un cablu avînd o extremitate fixată pe bolțul filetat *2*, iar cealaltă extremitate legată la borna de punere la pămînt a celulei.

Prin înșurubarea prezonului *9* este acționat sectorul circular mobil *3*, care la rîndul său presează plăcuța mobilă *6*, prin intermediul tijei suport *4* spre bara celulei. La deșurubarea prezonului *9* plăcuța mobilă *6* se depărtează de bara celulei, sub acțiunea resortului elicoidal *7*.

Clema scurtcircuitor, conform invenției, prezintă următoarele avantaje :

— poate fi utilizată și în cazul celulelor cu bare inaccesibile din direcție perpendiculară pe planurile acestora ;

— are o construcție relativ simplă ;

— asigură un contact electric bun cu bara pe care se fixează.

Referințe bibliografice

Brevet, R.S.R., nr. 67229

DIN ISTORIA ELECTRIFICĂRII

Iluminatul public permanent al străzilor din Timișoara în pragul centenarului

Împrejurările favorabile și spiritul întreprinzător al cetățenilor Timișoarei au făcut ca acest oraș să figureze printre cele care pot revendica meritul de a fi inițiat introducerea energiei electrice și de a fi perseverat în folosirea ei. Aniversarea a 100 de ani de la înființarea primei rețele de iluminat public și a centralei electrice din Timișoara este un prilej de retrospectivă asupra dezvoltării distribuției energiei electrice în acest oraș.

Timișoara a introdus, la 12 noiembrie 1884, iluminatul permanent al străzilor sale cu electricitate, în locul iluminatului cu gaz aerian obținut din distilarea cărbunelui, care funcționa încă din 1857 și care nu mai răspundea nevoilor locuitorilor orașului. La acea dată au fost puse în funcțiune patru circuite de iluminat public, avînd în total 731 lămpi cu incandescență și 16 lămpi cu arc, alimentate fiecare dintr-un dinam serie de curent continuu de 10 A 2000 V, instalat în centrala termoelectrică.

Lămpile cu incandescență utilizate erau de tipul Lane-Fox, construite pentru tensiunea de 55 V, la borne și aveau o rezistență în stare de incandescență de 40 Ω. Erau grupate cîte opt în paralel, fiecare grup avînd o rezistență echivalentă de 5 Ω și o putere de 500 W. Fiecare din cele patru circuite avea 23 asemenea grupuri de lămpi legate în serie — respectiv 184 lămpi în total — și necesita o putere de 11,5 kW (pentru toate cele 731 de lămpi era necesară o putere de circa 45 kW). Pe lîngă cele 23 grupuri de lămpi incandescente, fiecare din cele patru dinamuri alimenta și cîte patru lămpi cu arc. Distanța dintre două corpuri de iluminat era de circa 80 m. A fost astfel electrificat iluminatul public pe aproximativ 60 km de străzi din oraș.

Iluminatul funcționa pînă la orele 23,30 cu o intensitate de 16 lumînări, apoi pînă dimineața cu opt lumînări normale engleze, acesta fiind primul iluminat de „jumătate de noapte" cunoscut în literatura de specialitate. Circuitele fiind serie, atît stingerea și aprinderea iluminatului, cît și reglarea intensității se puteau face din centrală.

Din datele care se dispune, reiese că Timișoara a fost primul oraș de pe continent care a avut iluminat al străzilor cu electricitate.

Lămpile utilizate pentru iluminatul public erau montate în dulii de lemn și porțelan, suspendate pe clădiri prin console sau pe stîlpi din fier forjat.

Relațiile inoperante cu un concesionar care își schimbă des sediul dintr-o țară în alta determină consiliul comunal să cumpere instalațiile de producere și distribuție a energiei electrice din Timișoara. Acestea trec efectiv în proprietatea orașului și sînt exploatate în regie proprie comercială de întreprinderea nou înființată în acest scop „Uzina electrică a orașului Timișoara".

Începînd cu anul 1887, s-a furnizat energie electrică pentru iluminat și cîtorva particulari, tot prin aceleași circuite prin care se alimenta și iluminatul public.

În anul 1888, cu prilejul iluminării electrice a teatrului, se adoptă sistemul de distribuție în curent alternativ monofazat la 105 V și 42 Hz, considerîndu-se mai puțin periculos decît distribuția în curent continuu la 2000 V cu intensitate constantă. Acest sistem se adoptă și pentru consumul particular, făcîndu-se uz de transformatoarele uscate de 2000/110 V, cunoscute sub denumirea de transformatoare Goulard.

Evoluția instalațiilor de distribuție a avut loc într-un asemenea ritm încît în anul 1900 în Timișoara erau deja 1470 abonați, cu o putere instalată de 1066 kW, din care 39 kW în 58 electromotoare și un număr de 956 lămpi pentru iluminatul public, din care 29 cu arc. Puterea instalată în centrală a atins 780 CP/340 kW, din care 320 CP/100 kW în curent continuu și 460 CP/240 kW în curent alternativ monofazat. Energia produsă în anul 1900 s-a ridicat la 740 MWh.

Oamenii muncii de la IRE Timișoara și-au propus să întîmpine împlinirea unui secol de la punerea în funcțiune a iluminatului stradal cu energie electrică din municipiu cu rezultate deosebite în activitatea pe care o desfășoară și să cinstească evenimentul pe măsura importanței lui.

Bibliografie

[1] Miklosi, C. : *Das städtische Elektrizitätswerke Timișoara.* In : Elektrotechnik und Maschinenbau, Iena, caiet 20, anul 48 (1930).

Ing. Gh. Maglaviceanu, ing. E. Putnoky — IRE Timișoara

10 ani de la punerea în funcțiune a primei rețele de distribuție, de joasă tensiune, cu conductoare izolate răsucite

Dezvoltarea impetuoasă a instalațiilor electroenergetice din țara noastră, în perioada anilor 1970, a impus ca și pentru rețelele de distribuție de joasă tensiune să se treacă la tehnologii moderne, care să asigure din toate punctele de vedere avantaje față de rețelele de joasă tensiune clasice.

Acest deziderat a fost realizat prin conceperea, execuția și punerea în funcțiune de către IRE Brașov, a primei rețele de joasă tensiune cu conductoare izolate răsucite (torsadate), în localitatea Zizin din județul Brașov, instalație care a constituit o premieră tehnică în domeniu pentru țara noastră și care în luna aprilie 1983 a împlinit 10 ani de funcționare.

1. Descrierea instalației realizate în localitatea Zizin

Întrucît la aceea dată nu exista un furnizor pentru fabricarea conductoarelor izolate răsucite, s-a apelat la Electro-Mureș, care a fabricat conductoarele necesare rețelei folosind izolația de PVC de genul celei utilizate la conductoarele AFY I, realizînd în mod special un conductor de 50 mm² OL Al învelit în același tip de izolație pentru conductorul de nul. Pentru conductoarele fazelor s-au folosit conductoare de tipul AFYI.

Conductoarele utilizate pentru rețeaua de distribuție s-au realizat prin răsucirea pe șantier, înainte de montare, a conductoarelor cu secțiuni de 3 × 70 mm² Al + 50 mm² OL Al și 3 × 50 mm² Al + 50 mm² OL Al, iar pentru rețeaua de iluminat public executată separat, în mod identic cu conductoare de 35 mm² Al + 50 mm² OL Al (fig. 1).

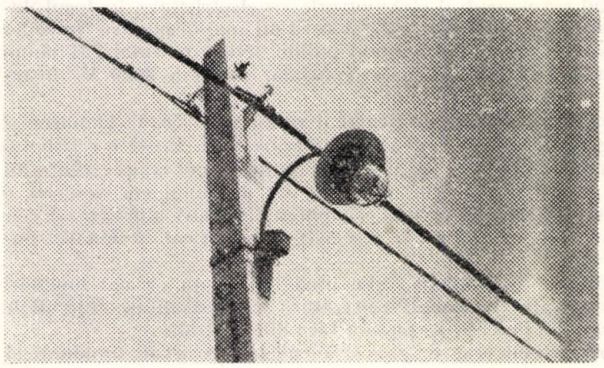


Fig. 1. Conductoare utilizate de tip AFYI cu izolație din PVC. În față rețeaua de distribuție, iar în spate rețeaua de iluminat public.

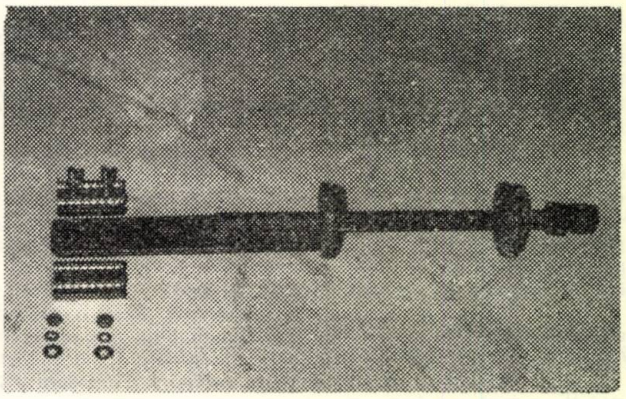


Fig. 3. Suport de întindere.

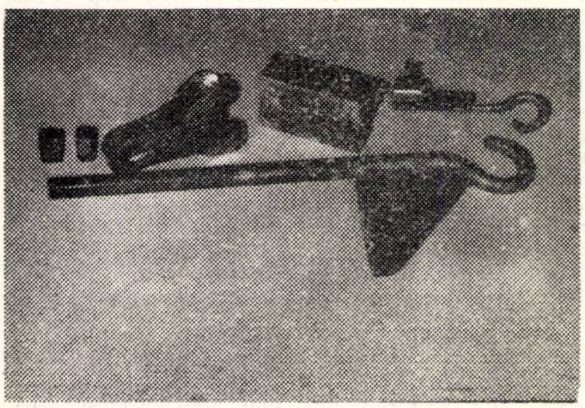


Fig. 2. Suport de susținere.

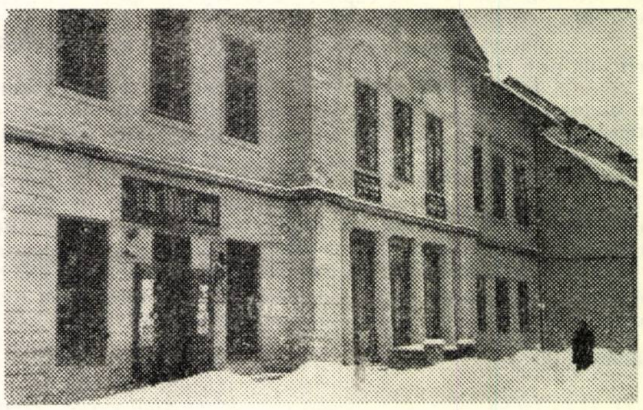


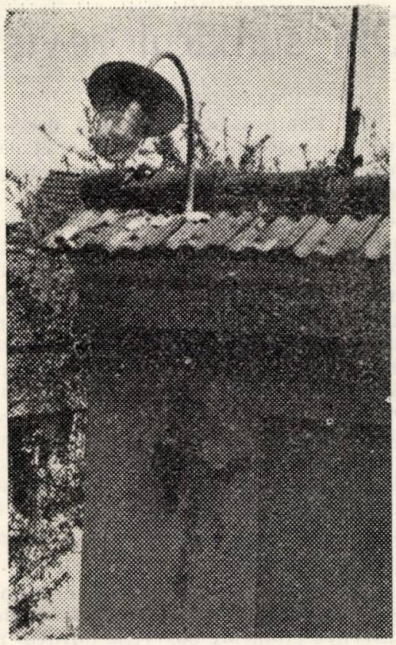
Fig. 4. Rețea montată pe fațada clădirii.

Suspendarea rețelei pe suporturi de beton s-a conceput și realizat numai prin conductorul de nul, care a devenit astfel „nul purtător", utilizînd cleme și armături realizate în cadrul S.C.M. — IRE Brașov, de tipul celor prezentate în figura 2 pentru susținere și figura 3 pentru suport de întindere.

A fost realizată, de asemenea, și o rețea pozată pe fațada clădirilor (fig. 4) și chiar corpuri de iluminat public montate pe clădiri (fig. 5).

Restul de cleme și armături utilizate au fost obținute prin asimilarea celor uzuale folosite la rețelele clasice.

Branșamentele au fost realizate prin utilizarea conductoarelor A F Y I 2 × 16 mm² sau 2 × 25 mm², răsucite înainte de montare și racordate direct din rețea cu conductor neîntrerupt, pînă la firida de bachelită a abonatului, prin prinderea de suporturi de beton în cazul rețelei pe suporturi (fig. 6) sau prin derivarea de la aceasta în cazul rețelei pozate pe clădiri.



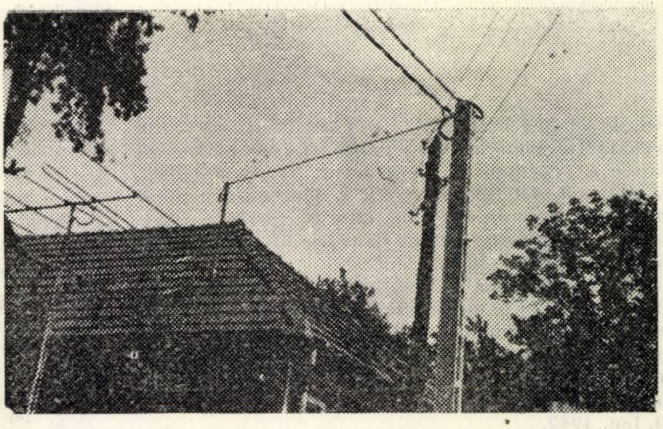


Fig. 6. Branșament realizat de la rețeaua montată pe suporturi de beton.

Fig. 5. Iluminat public montat pe fațada clădirii. ⟵

2. Comportarea în exploatare a rețelei

Avînd în vedere perioada de 10 ani de la punerea în funcțiune a rețelei, se consideră că aceasta a avut o comportare foarte bună în exploatare, întrucît nu au fost înregistrate practic deranjamente, singura sesizare existentă în evidențele de exploatare referindu-se la deteriorarea mecanică, prin lovire, a unei coloane de branșament.

În afara acestei situații, care indică o comportare de prim ordin, s-au efectuat, după această perioadă de 10 ani, unele analize privind elementele rețelei ,constatîndu-se :

— Comportarea conductoarelor și izolației a fost corespunzătoare, singurele degradări, în fază incipientă, observîndu-se la unele cleme, care, neavînd dispozitive de prindere din material plastic, au făcut posibile aceste degradări.

— Izolarea clemelor, făcută pe șantier și nu cu izolație uzinată în acest scop, a trebuit să fie refăcută după o perioadă de cel puțin 5 ani, în caz contrar existînd riscul degradării și apariției de scurtcircuite în rețea.

— Neinscripționarea conductoarelor, încă din faza de fabricație, a condus la greutăți ivite pe parcursul lucrărilor de exploatare și întreținere a rețelei.

3. Considerații finale

Începînd cu anul 1975, C.I.T.D.E.E. și apoi C.I.R.E. a generalizat și perfecționat acest tip de rețea, realizîndu-se rețeaua de distribuție de joasă tensiune, cu conductoare izolate torsadate, fabricate la I.P.A. Slatina și cleme și armături perfecționate confecționate de SUCREE Sibiu și Cîmpina și URTAE Roman.

Acest nou tip de rețea a avut la bază experiența dobîndită de rețeaua din localitatea Zizin, prin realizarea unor îmbunătățiri substanțiale, dintre care se remarcă suspendarea întregului tronson torsadat în clemele de susținere și o calitate sporită a clemelor și armăturilor utilizate.

Avantajele multiple oferite de rețeaua cu conductoare izolate torsadate, al cărui prim început l-a constituit realizarea din cadrul IRE Brașov, a făcut ca acest tip de rețea să se extindă, fiind în prezent principalul gen de rețea aeriană utilizată în instalațiile de distribuție a energiei electrice.

Ing. Seceleanu Alexandru — IRE Brașov

Din sumarul revistelor*)

LEPPERS, P. H. și LILIEN, J. L. Scurtcircuite care provoacă contactul și curentul de separare (Le comportement des faisceaux découplés). Electra, nr. 81, mart. 1982.

GLEBOV, I. A. și CHUBRAEVA, L. I. Dezvoltarea generatoarelor supraconductoare în diferite țări (Le développement des cryoalternateurs dans les différents pays). Electra, nr. 80, ian. 1982.

* * * Manșoanele terminale ale turboalternatoarelor. Rezumatul răspunsurilor la un chestionar asupra proprietăților și asupra concepției manșoanelor terminale ale rotoarelor (Les capots d'extrémités des turboalternateurs. Résumé des réponses à un questionnaire sur les propriétés et sur la conception des capots d'extrémités des rotors). Electra, nr. 80, ian. 1982.

BACCHI, B. și MAIONE, U. Exemplu de analiză a curgerilor de suprafață (Un exemple d'analyse des écoulements superficiels). L'Energia Elettrica, vol. 59, nr. 10, oct. 1982

PESSINA, G. și ZIMAGLIA, C. Identificarea armonică a structurilor polifazate de tip general. Permutări armonice. Modele elementare (Identification harmonique de structures polyphasées de type générale. Permutations harmoniques. Modèles élémentaires). L'Energia Elettrica, vol. 59, nr. 10, oct. 1982.

BARRETTA, L. și NAPOLI, R. Analiza securității sistemelor de putere : arhitectura generală pentru metodele de recunoaștere (L'analyse de sécurité des systèmes de puissance : une architecture générale pour les méthodes de recognition). L'Energia Elettrica, vol. 59, nr. 10, oct. 1982.

CACCIARI, M. Estimarea îmbătrînirii pentru un dielectric expus la temperatură și la tensiune electrică (Sur l'estimation du vieillissement pour un diélectrique exposé à la température et á la tension électrique). L'Energia Elettrica, vol. 59, nr. 10, oct. 1982.

CACCIARI, M. și PATTINI, G. Calculul numeric al distribuției cîmpului cu simularea sarcinii : considerații referitoare la influența cîtorva parametri asupra preciziei simulării (Sur le calcul numérique de la distribution du champ avec la simulation de charge : les considérations relatives à l'influence de quelques paramètres sur la précision de la simulation). L'Energia Elettrica, vol. 59, nr. 11, nov. 1982.

CREPAZ, S. ș.a. Repartiția tensiunii de șoc în transformatoarele cu înfășurare de reglare în linie (Répartition de la tension de choc dans les transformateurs avec enroulement de regulation sur la ligne). L'Energia Elettrica, vol. 59, nr. 11, nov. 1982.

ACCIANI, G. ș.a. Modele și încercări referitoare la mașina sincronă (Des modèles et des essais relatifs à la machine synchrone). L'Energia Elettrica, vol. 59, nr. 11, nov. 1982.

BERTOLDI, D. ș.a. Metodă liniară pentru planificarea rețelei de transport (Une méthode linéaire pour la planification du réseau de transport). L'Energia Elettrica, vol. 59, nr. 12, dec. 1982.

DI CARPIO, U. Echivalente dinamice ale rețelelor electrice cu mai multe mașini : tehnici în uz la CEGB, EdF și ENEL (Equivalents dynamiques des réseaux électriques á plusieures machines : techniques en usage chez CEGB, EdF și ENEL). L'Energie Elettrica, vol. 59, nr. 12, dec. 1982.

*) Rubrică întocmită de OID – ICEMENERG.

FAUVE, J. M. Echipamentul nuclear și dezvoltarea economică regională (Equipement nucléaire et développement économique régional). Revue Générale Nuclaire, nr. 5, sept.-oct. 1982.

STYRIKOVIČ, M. A. ș.a. Perspective ale dezvoltării energeticii mondiale pe termen lung (Perspektivy razvitija mirovoj ènerghii). Energhetika-Toplivo, nr. 3, 1981.

SHLIHTER, S. B. și SHLIHTER, E.B. Analiza modificării capacității de absorbție a energiei a transportului de mărfuri și de pasageri și evaluarea măsurilor de economisire a energiei (Analiz izmenenij ènergoëmkosti gruzovogo i passažirskogo transporta i ocenka nekotoryh meroprijatii po èkonomii ènerghii). Energhetika-Toplivo, nr. 3, 1981.

HAČATURIAN, R. A. ș.a. Prognozarea dezvoltării instalațiilor pompelor de căldură pentru alimentarea cu căldură și achiziționarea serviciilor comunale și de deservire socială (Prognozirovanie razvitija teplonasosnyh ustanovok dlja teplohladosnabženija kommunal'no-bytovogo hozjaistva) Energhetika-Toplivo, nr. 3, 1981.

BÈISIL, P. S. și PAPIN, A. A. Problemele acoperirii pe termen lung ale cerințelor mondiale de combustibil lichid (Dolgosročnye problemy pokrytija mirovoj potrebnosti v židkom toplive). Energhetika Toplivo, nr. 3, 1981.

GRENON, M. ș.a. Lucrări în domeniul cercetării pe modele a resurselor energetice în cadrul Institutului internațional de analiză aplicată de sistem (IIASA) (Raboty po modelirovaniju ènergheticeskih resursov v Mezdunarodnom institute priladnogo sistemnogo analiza (IIASA), Energhetika Toplivo, nr. 3, 1981.

SYČEV, V. V. Strategia colaborării țărilor membre CAER în domeniul elaborării și utilizării surselor netradiționale de energie (Stateghija sotrudničestva stran-členov SÈV v oblasti razrabotki i ispolzovanija netradicionnyh istočnikov ènerghii). Energhetika-Toplivo, nr. 5, 1982.

STYRIKOVIČ, M. A., SINJAK I. V. Aspecte social-economice ale dezvoltării pe termen lung a energeticii (Social'no-ekonomičeskie aspekty dolgosročnogo razvitija ènerghetiki) Energhetika-Toplivo, nr. 5, 1982.

LEVAI, A. Stadiul actual și perspectivele dezvoltării energeticii în R.P.U. (Sovremennoe položenie i perspektovy razvitija ènerghetiki Venghersuoj Narodnoj Respubliki) Energhetika-Toplivo, nr. 5, 1982.

GAS, S. Utilizarea noilor surse de energie în agricultură (Ispol'zovanie novyh istočnikov ènerghii v sel'skom hozjajstve) Energhetika-Toplivo, nr. 5, 1982.

BESČINSKIJ, A. A., INAURI, T. V. Dezvoltarea balanței energetice mondiale de combustibil pe termen lung și rolul noilor surse de energie (Razvitie mirovogo toplivno-ènerghetičeskogo balansa v dolgosročnoi perspektive i rolj novyh istočnikov ènerghii). Energhetika-Toplivo, nr. 5, 1982.

ZAVARZIN, G.A. Energia biologică și consecințele ecologice ale utilizării acesteia pe scară largă (Biologhičeskaja ènerghia i ekologhičeskie posledstvija eë širokogo ispol'zovanija). Energhetika-Toplivo, nr. 5, 1982.

ZELENOV, V. E. Probleme legate de tehnica asimilării energiei eoliene (Problemy osvoenija vetrovoj ènerghii). Energhetika-Toplivo, nr. 5, 1982.

Abonați-vă la

Revista ENERGETICA!

Citind cu regularitate revista ENERGETICA veți fi bine informați, în principal asupra activității din domeniul energetic din țara noastră precum și din alte țări.

Revista ENERGETICA vă informează asupra problemelor de: energetică generală, energetică industrială, economie de energie, reducere a consumurilor specifice de combustibil și de energie electrică în centralele electrice, reducere și eliminare a consumului de hidrocarburi, reducere a consumurilor tehnologice în rețelele electrice, creștere a siguranței în funcționarea sistemului energetic și a elementelor acestuia, extindere și creștere a eficienței termoficării, creștere a productivității muncii, valorificare a resurselor hidraulice, protecție a mediului înconjurător și a instalațiilor energetice, surse noi, reînnoibile și noi tehnologii în energetică.

Revista ENERGETICA urmărește, de asemenea, informarea specialiștilor din domeniul energetic asupra: problemelor rezultate din documentele de partid și de stat, noutăților tehnice din țară și din străinătate, realizărilor deosebite din sectorul energetic și în principal a celor care pot fi extinse sau generalizate etc.

*

Totodată, colaborînd la revista ENERGETICA participați la schimbul de idei și de experiență, contribuind nemijlocit la progresul tehnic al energeticii românești.

. . . . . .

CERERE DE ABONAMENT LA REVISTA ENERGETICA

Întreprinderea . . . . . Cod SIRUIES . . . . . .
Subsemnatul

din localitatea . . . . . str. . . . . nr. . . . . bl. . . .

sc . . . . . et. . . . . ap. . . . sect . . . . cod poștal . . . . . telefon . . . . . .

. . . . . .județul . . . . . .solicit . . . . . abonament(e) care va (vor) fi expediat(e) la adresa de mai sus.

C/v abonamentelor (lei 144 un abonament) de lei . . . . . am achitat-o în contul ICEMENERG 30.11.8.01.01., BN RSR fil. 3, București, cod 74568, prin m.p.nr. . . . . .

din . . . . . sau la casieria ICEMENERG / REDACȚIEI cu chitanța. . . . . .

nr . . . . . din . . . . . .

Data . . . . . .

Semnătura . . .

. . . . . .

INTREPRINDEREA DE COMERŢ EXTERIOR

ENERGOIMPEX

Întreprinderea de comerţ exterior „ENERGOIMPEX" a fost creată în anul 1977.

„ENERGOIMPEX" este singura întreprindere de comerţ exterior din R.P. Bulgaria, care importă cărbune energetic şi alţi agenţi energetici.

În domeniul energiei electrice „ENERGOIMPEX" colaborează multilateral în cadrul sistemului energetic unificat "MIR„ al ţărilor socialiste membre CAER.

„ENERGOIMPEX" întreţine legături comerciale strînse cu Turcia Grecia şi R. S. F. Iugoslavia.

„ENERGOIMPEX" realizează construcţia liniilor electrice de transport, a staţiilor de joasă, medie şi înaltă tensiune şi efectuează servicii consulting în Libia, Angola, Siria etc.

În calitate de comisionar, întreprinderea de comerţ exterior „ENERGOIMPEX" importă instalaţii şi echipamente pentru industria energetică bulgară.

ENERGOIMPEX

Sofia, C.P. 801, Telefon 51.88.67, telex 22669

Specialişti în energetică!

Vreţi să fiţi bine informaţi şi să dispuneţi de materiale documentare de actualitate?

Citiţi cu regularitate lucrările de informare documentară elaborate de ICEMENERG — Oficiul de informare documentară pentru energetică:

— ENERGETICA, revistă cu 12 apariţii pe an, 144 lei abonamentul·

— ENERGETICA SUPLIMENT, 6 volume pe an, preţ aproximativ 600 lei setul.

— ENERGETICA PESTE HOTARE — seria Informaţii tehnico-ştiinţifice, 6 volume pe an, preţ aproximativ 600 lei setul.

— ENERGETICA PESTE HOTARE — seria Sumar energetic, 6 volume pe an, preţ aproximativ 600 lei setul.

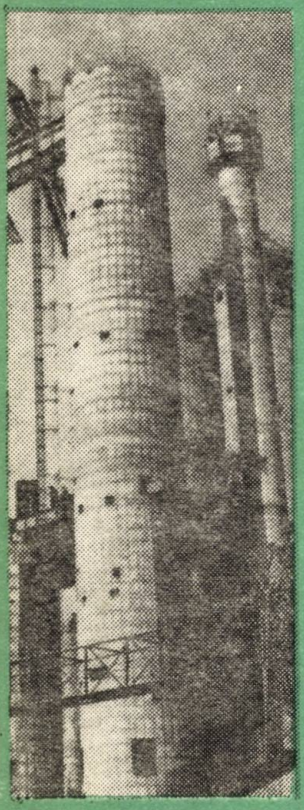
*

Comenzile se adresează către ICEMENERG, Bd. Energeticienilor nr. 8, sector 3, Bucureşti, 74568, cu plata anticipată prin dispoziţie de plată sau mandat poştal în contul ICEMENERG 30.11.8.01.01 BN — R.S.R. filiala sector 3, Bucureşti.

*

Citind şi colaborînd la revista „Energetica" şi la celelalte lucrări de informare documentară, participaţi la schimbul de idei şi de experienţă, contribuind nemijlocit la progresul energeticii româneşti!

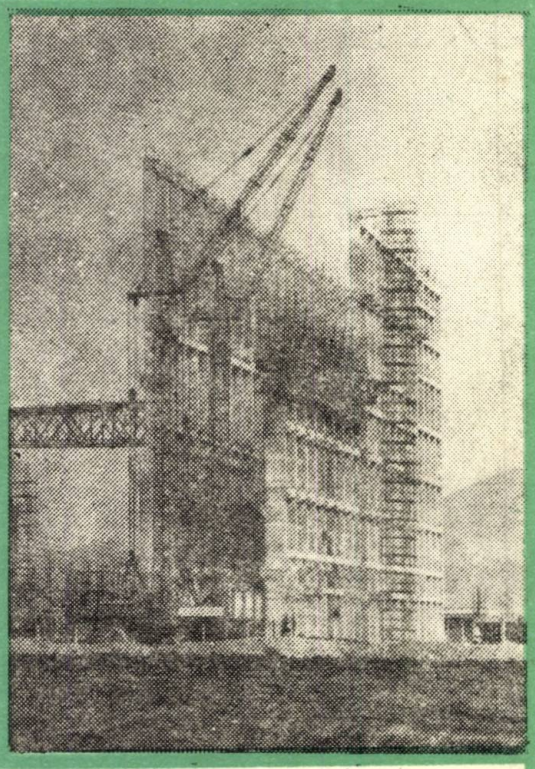
TRUSTUL energoconstrucția



TRUSTUL ENERGOCONSTRUCTIA, dispunînd de o dotare tehnică modernă şi de un important efectiv de muncitori de înaltă calificare, tehnicieni şi ingineri, realizează :

LUCRARI DE TEHNICITATE DEOSEBITA CA :

- turnuri de răcire de mare capacitate eu tiraj natural sau artificial (Q = 42 000 mc/h)
- coşuri de fum de mare înălțime (H = 280 m)
- fundaţii speciale pentru maşini şi utilaje în termocentrale
- staţii de transformare de 400, 200 şi 110 kV
- magistrale şi reţele de termoficare pentru alimentarea marilor centre industriale şi urbane.



LUCRARI HIDROTEHNICE AFERENTE TERMOCENTRALELOR :

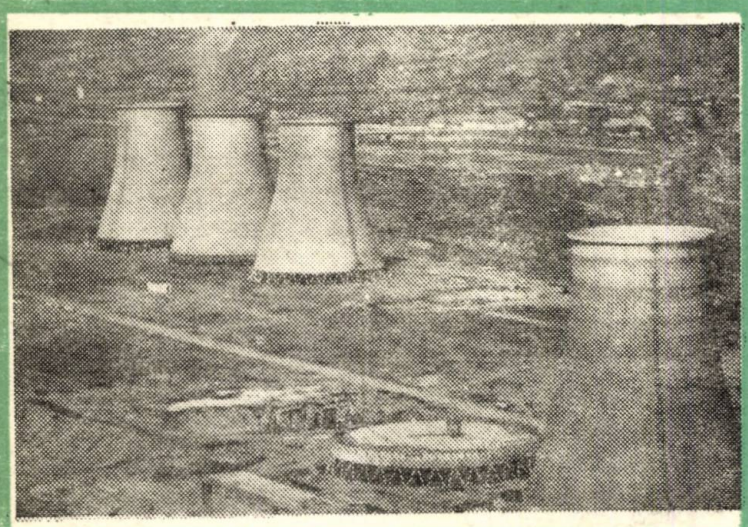
- baraje de diferite dimensiuni şi regularizări de rîuri
- prize decantoare şi staţii de pompe pentru debite importante
- canale şi conducte de apă caldă şi rece în soluţii constructive variate.

TRUSTUL ENERGOCONSTRUCTIA REALIZEAZA :

- centrale electrice şi de termoficare cu puteri instalate de 50, 200, 300, 625, 800, 1000 şi 2600 MW
- structuri de rezistenţă ale termocentralelor executate din beton armat monolit cu ajutorul cofrajelor glisante
- elemente prefabricate şi construcţii metalice alcătuite din mari subansambluri

LUCRARI DE CONSTRUCTII LA TERMOCENTRALELE ELECTRICE SI DE TERMOFICARE de mare şi foarte mare putere funcţionînd cu cărbune, păcură, gaze, şisturi.

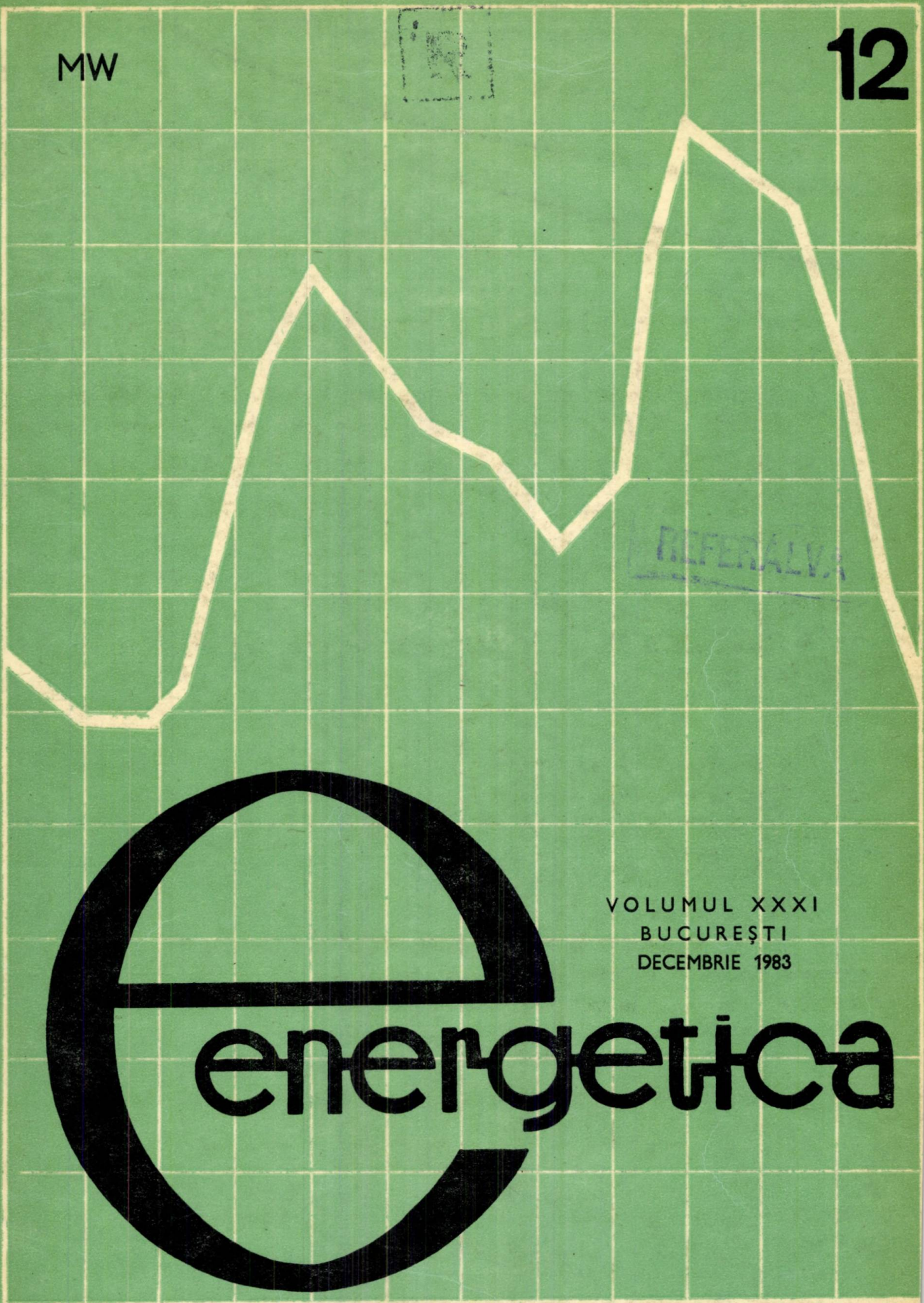
1984 MAI 10



TRUSTUL ENERGOCONSTRUCTIA A REALIZAT IN SIRIA TURNURI DE RACIRE SI COSURI DE FUM LA RAFINARIA DIN BANYAS SI LA FABRICA DE CIMENT DIN ALEPPO

TRUSTUL ENERGOCONSTRUCIA
Calea Dorobanţilor nr. 103-105
Sector 1 Bucureşti
Telefon 79. 60. 20 - telex 10179

2039 Energia (Victor)



REFERALVA

energetica

VOLUMUL XXXI
BUCUREȘTI
DECEMBRIE 1983

Specialiști în energetică!

Vreți să fiți bine informați și să dispuneți de materiale documentare de actualitate?

Citiți cu regularitate lucrările de informare documentară elaborate de ICEMENERG — Oficiul de informare documentară pentru energetică:

— ENERGETICA, revistă cu 12 apariții pe an, 144 lei abonamentul.

— ENERGETICA SUPLIMENT, 6 volume pe an, preț aproximativ 600 lei setul.

— ENERGETICA PESTE HOTARE — seria Informații tehnico-științifice, 6 volume pe an, preț aproximativ 600 lei setul.

— ENERGETICA PESTE HOTARE — seria Sumar energetic, 6 volume pe an, preț aproximativ 600 lei setul.

*

Comenzile se adresează către ICEMENERG, Bd. Energeticienilor nr. 8, sector 3, București, 74568, cu plata anticipată prin dispozițiile de plată sau mandat poștal în contul ICEMENERG 30.11.8.01.01 BN — R.S.R. filiala sector 3, București.

*

Citind și colaborînd la revista „Energetica" și la celelalte lucrări de informare documentară, participați la schimbul de idei și de experiență, contribuind nemijlocit la progresul energeticii românești!

ENERGETICA

ORGAN AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ŞI AL CONSILIULUI NAŢIONAL AL INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN REPUBLICA SOCIALISTĂ ROMÂNIA

SUB ÎNDRUMAREA CONSILIULUI ŞTIINŢIFIC AL INSTITUTULUI CENTRAL DE CERCETĂRI ENERGETICE

ANUL 31 **12** DECEMBRIE 1983

Cuprinsul

COLEGIUL DE REDACŢIE

Dr. ing. Gh. Bălan (redactor responsabil adjunct)
Ing. P. Cartianu
Ing. L. Cernuşen
Ing. M. M.Dăncilă
Ing. H. Furtunescu
Ing. N. Georgian
Dr. ing. Gh. Luca
Dr. chim. Maria Maftei
Dr. ing. G. Manolescu
Ing. B. Marcu
Ing. I. Măiereanu (redactor responsabil adjunct)
Dr. ing. Călin Mihăileanu (redactor responsabil)
Prof. dr. doc. V. I. Nitu
Dr. ing. E. Pavel
Dr. ing. T. Popa
Dr. ing. C. I. Staicu (secretar redacţie)

Revista „Energetica" este publicaţie lunară devotată preocupărilor spirituale şi realizărilor materiale în domeniul energeticii.

Redacţia şi administraţia: Bucureşti 74 568, Bd. Energeticienilor, nr. 8, sector 3.
Telefon: 20 67 30; 21 46 30

Cd. 1695

I. P. Informaţia, str. Brezoianu, nr. 23—25, Bucureşti, sector 1.

ARTICOLE

N. Chirculescu: **A II-a consfătuire de lucru „Informatica în energetică — Buşteni, 26 — 27 mai 1983** 525—529

N. Armencoiu, N. Chirculescu, M. Ursu, T. Ene: **Informatica în unităţile Ministerului Energiei Electrice** 529—534

G. Grigoriu, M. Ursu: **Conceptul sistemului informatic al ramurii energiei electrice şi termice — SIREET** 534—539

Sanda Felea, Magdalena Cuciureanu, Al. Emanoil, Em. Luca, D. Teodorescu, Fulga Ştefănescu: **Baza de date tehnico-economice la nivel de centrală industrială. Concepţia sistemului TECOR realizat. Perspective de evoluţie şi dezvoltare** 539—545

Al. Emanoil, Margareta Pascu, Z. Frăţilă, Cornelia Novak, Ştefana Constantin: **Cerinţe şi rezultate privind implementarea sistemului informatic URMECO (pentru analiza şi urmărirea funcţionării economice a termocentralelor)** 546—548

C. Buzea, Marioara Itoafă, R. Teacă, Mihaela Onulescu, Elena Danilescu, Magda Scorţea: **Software pentru sistemul de interfeţe industriale utilizat în conducerea blocurilor energetice de 50 MW** 549—550

Adriana Armencoiu, V. Neagu, Marioara Itoafă: **Introducerea reglajului secundar U—Q în sistemul energetic naţional, utilizînd calculatoare de proces** 550—554

S. Ionescu, I. Petcu, R. Popescu, C. Cereşanu, D. Săndulescu: **Concepţia sistemului teleinformatic pentru conducerea operativă a hidrocentralelor din bazinul Olt-mijlociu** 554—556

L. Lefter, Al. Burciu, I. Toma, I. Mihai, I. Finkelstein, D. Sarba, E. Maurer, V. Cristea: **Proiectare asistată de calculator în I.S.P.H. Exemple şi consideraţii** 557—562

A. Constantinescu: **Calculul seismic al barajelor din anrocamente cu ajutorul calculatorului electronic** 563—564

B. Ungureanu, Anastasia Marinescu, I. Coman, Elena Constantin, Carmen Buhăceanu, D. Dănăriciu, I. Irimia: **Subsistemul informatic de reparaţii pentru utilajele tehnologice dintr-o întreprindere de electrocentrale** 565—567

C. Berbece, I. Lupaşcu, A. Păsculescu, Constantina Berbece: **Concepţia ICEMENERG privind utilizarea microcalculatorului M-118 pentru supravegherea şi comanda grupurilor termoenergetice** 568—573

CUPRINSUL REVISTEI ENERGETICA PE ANUL 1983 574—576

Revista „Energetica" este editată cu concursul permanent dat de :

chim. **Eleonora Ataman**
dr. ing. **J. Constantinescu**
ec. **Ana Dobre**
ing. **T. Dragomir**
ing. **Angela Perea**
dr. ing. **M. Pomârleanu**
dr. ing. **Gh. Popa**
ing. **A. Roșu**
ing. **V. Rugină**
ing. **I. Turcu**

În revista ENERGETICA se publică :

Articole

Informații referitoare la : publicații recente (cărți, reviste), noutăți științifice și tehnice, invenții și inovații, experiență de exploatare, realizări tehnice remarcabile, manifestări tehnico-științifice naționale și internaționale (congrese, conferințe, simpozioane), titluri de articole de specialitate din alte reviste.

Materiale diverse : cronici, recenzii, discuții la articolele publicate, puncte de vedere ale autorilor, concluziile discuțiilor în jurul meselor rotunde.

Revista ENERGETICA este editată și administrată de Institutul de cercetări și modernizări energetice — ICEMENERG.

M. David — șeful Oficiului de informare documentară pentru energetică

Ana Maria Chivu — redactor

Instituțiile pot achita abonamentele în contul de virament nr. 30.11.8.01.01. — BN R.S.R. Fil. sect. 3. Costul unui abonament : 144 lei anual ; costul unui exemplar : 12 lei.

Cititorii din străinătate se pot abona la ILEXIM, Departamentul Export-Import Presă, P.O. Box 136—137, telex : 11226, București, str. 30 Decembrie, nr. 3.

Tiparul : Întreprinderea poligrafică „Informația", București, str. Brezoianu 23—25 c. 1695.

41 401

ANNOUNCEMENTS FOR READERS ABROAD

- **The review „Energetica" can send on request from publications abroad reports translated in one of the worldwide spoken lanquages**
- **The review „Energetica" proposes a publication exchange with similar reviews and in relating fields**
- **The review „Energetica" provides and publishes or introduces books on energy received at the editorial office. Reviews and presentations of books sent on this purpose to the editorial office can be published as well**
- **The review „Energetica" publishes on request from authors abroad reports of energy or other materials : technical and scientific news, inventions-innovations, information about technical and scientific symposia, etc. written in one of the worldwide spoken lanquages**

СОДЕРЖАНИЕ

Н. Киркулеску: **II-ое рабочее совещание „Информатика в энергетике" — Буштени, 26—27 мая, 1983 года** 525—529

Н. Арменкою, Н. Киркулеску, М. Урсу, Т. Ене: **Информатика в предприятиях Министерства Электроэнергии** 529—534

Г. Григориу, М. Урсу: **Понятие об автоматизированной системе управления электроэнергетической и тепловой отрасли — АСУЭТО** 534—539

Санда Фелеа, Магдалена Кучуреану, Ал. Еманоил, Е. Лука, Д. Теодореску, Фулга Штефэнеску: **Основа технико-экономических данных на уровне крупно-центрального промышленного учреждения. Понятие об осуществлённой системе, типа „ТЕКОР". Перспективы расширения и развития** 539—545

Ал. Еманоил, Маргарета Паску, З. Фрэцикэ, Корнелия Новак, Штефана Константин: **Запросы и результаты по внедрению автоматизированной системы управления (АСУ), типа „УРМЕКО", для анализа и наблюдения хозяйственного действия теплоэлектростанций** 546—548

К. Бузеа, Марioара Итоафэ, Р. Теакэ, Михаела Онулеску, Елена Данилеску, Магда Скорцеа: Software **для системы промышленных интерлицевых сторон — используемой в управлении группами 50 мгвт** 549—550

Адриана Арменкою, В. Нягу, Марioара Итоафэ: **Внедрение вторичной наладки, типа „U—Q", в национальную энергетическую систему, используя процессных ЭВМ.** 550—554

С. Ионеску, К. Петку, Р. Попеску, К. Черешану, Д. Сэндулеску: **Понятие о системе телеобработки данных в оперативном управлении ГЭС из бассейна среднего Ольта** 554—556

Л. Лефтер, Ал. Бурчю, И. Тома, И. Михай, И. Финкелстейн, Д. Сарба, Е. Маурер, В. Кристя: **Процесс проектирования и его управление ЭВМ в ИСПХ. Примеры и соображения** 557—562

А. Константинеску: **Сейсмический расчёт набросных плотин с помощью ЭВМ** 563—564

Б. Унгуряну, Анастасия Маринеску, И. Коман, Елена Константин, Кармен Бухэчяну, Д. Дэнэричю, И. Ирмия: **Подинформационная система ремонта технологического оборудования в электростанции** 565—567

К. Бербече, И. Липашку, А. Пэскулеску, Константина Бербече: **Концепция ИЧЕМЭНЕРГ по вопросу использования микро ЭВН, типа М-118, для надзора и управления теплоэнергетическими блоками** 568—573

СОДЕРЖАНИЕ ЖУРНАЛА „ЭНЕРГЕТИКА" НА 1983 год 574—576

INHALTSVERZEICHNIS

N. Chirculescu: **Die 2-te Arbeitstagung: „Die Datenverarbeitung in der Energiewirtschaft" — Buşteni, 26. — 27. Mai 1983** 525—529

N. Armencoiu, N. Chirculescu, M. Ursu, T. Ene: **Die Datenverarbeitung in den Institutionen des Ministeriums für Elektroenergie** 529—534

G. Grigoriu, M. Ursu: **Das Konzept des Datenverarbeitungssystems in der elektrischen und thermischen Energiewirtschaft — SIREET** 534—539

Sanda Felea, Magdalena Cuciureanu, Al. Emanoil, E. Luca, D. Teodorescu, Fulga Ştefănescu: **Die technisch-wirtschaftliche Datenbasis einer Industriezentrale. Das Konzept des Systems TECOR. Erweiterungs — und Entwicklungsaussichten.** 539—545

Al. Emanoil, Margareta Pascu, Z. Frăţilă, Cornelia Novak, Ştefana Constantin: **Erfordernisse und Ergebnisse der Einführung des Datenverarbeitungssystems URMECO (für die Analyse und Überwachung des wirtschaftlichen Betriebs der Wärmekraftwerke)** 546—548

C. Buzea, Marioara Itoafă, R. Teacă, Mihaela Onulescu, Elena Danilescu, Magda Scorţea: **Software für das in der Leitung der 50 MW-Blöcke angewandte industrielle Interfacesystem** 549—550

Adriana Armencoiu, V. Neagu, Marioara Itoafă: **Die Einführung der Nebenregelung U—Q in dem nationalen Energiesystem, mit Hilfe eines Prozessrechners** 550—554

S. Ionescu, I. Petcu, R. Popescu, C. Cereşanu, D. Săndulescu: **Das Konzept des Ferndatenverarbeitungssystems für die wirksame Leitung der Wasserkraftwerke auf dem mittleren Olt-Tal** 554—556

L. Lefter, Al. Burciu, I. Toma, I. Mihai, I. Finkelstein, D. Sarba, E. Maurer, V. Cristea: **Planung mit Hilfe des Computers im Institut für hydroenergetische Studien und Planung. Beispiele und Betrachtungen** 557—562

A. Constantinescu: **Rechnergesteuerte seismische Berechnungen für Trümmerdämme** 563—564

B. Ungureanu, Anastasia Marinescu, I. Coman, Elena Constantinescu, Carmen Buhăceanu, D. Dănăriciu, I. Irimia: **Datenverarbeitungs-Subsystem für die Reparaturen der Ausrüstungen eines Kraftwerksbetriebs** 565—567

C. Berbece, I. Lupaşcu, A. Păsculescu, Constantina Berbece: **Die Konzeption des Instituts für Forschung und Modernisierung in der Energetik — ICEMEMERG bei der Anwendung des Mikrorechner M-118 für die Überwachung und Leitung der Wärmekraftblöcke** 568—573

DAS INHALTSVERZEICHNIS DER ZEITSCHRIFT ENERGETICA FÜR DAS JAHR 1983 574—576

SOMMAIRE

N. Chirculescu : **La deuxième Session de travail. L'informatique utilisée en énérgetique. Buşteni, 26 — 27 mai 1983** 525—529

N. Armencoiu, N. Chirculescu, M. Ursu, T. Ene : **L'informatique aux unités du Ministère de l'Énergie Électrique** 529—534

G. Grigoriu, M. Ursu : **Le concept du système informatique de l'énergie électrique et thermique-SIREET** 534—539

Sanda Felea, Magdalena Cuciureanu, Al. Emanoil, E. Luca, D. Teodorescu, Fulga Ştefănescu : **La base de dates technico-économiques au niveau d'une centrale industrielle. La conception du système TECOR déjà réalisé. Perspectives d'extension et de dévelopment** 539—545

Al. Emanoil, Margareta Pascu, Z. Frăţilă, Camelia Novak, Ştefana Constantin : **Demandes et résultats concernant l'implémentation du système informatique URMECO (pour l'analyse et la poursuite du fonctionnement économique des centrales électro-thermiques)** 546—548

C. Buzea, Marioara Itoafă, R. Teacă, Mihaela Onulescu, Elena Danilescu, Magda Scorţea : **Software pour le système d'interfaces industrielles utilisé dans la direction des blocs énergétiques de 50 MW** 549—550

Adriana Armencoiu, V. Neagu, Marioara Itoafă : **L'introduction du réglage secondaire U—Q dans le système énergétique national tout en utilisant les calculateurs de procès** 550—554

S. Ionescu, I. Petcu, R. Popescu, C. Cereşanu, D. Săndulescu : **La conception du système téléinformatique pour la direction opérative des hydrauliques du bassin Olt-moyen** 554—556

L. Lefter, Al. Burciu, I. Toma, I. Mihai, I. Finkelstein, D. Sarba, E. Maurer, V. Cristea : **Projection assistée par les calculateurs en ISPH. Exemples et considérations** 557—562

A. Constantinescu : **Le calcul seismique des barrages en enrochement à l'aide du calculateur électronique** 563—564

B. Ungureanu, Anastasia Marinescu, I. Coman, Elena Constantin, Carmen Buhăceanu, D. Dănăriciu, I. Irimia : **Le subsystème informatique de réparations employé pour les outillages technologiques qui se trouvent dans une entreprise d'électrocéntrales** 565—567

C. Berbece, I. Lupaşcu, A. Păsculescu, Caostantina Berbece: **La conception ICEMENERG sur l'utilisation des microcalculateurs M-118 pour la turveillance et la commande des groupes termoénergétiques** 568—573

LE SOMMAIRE DE LA REVUE ENERGETICA EN 1983 574—576

SUMMARIES

N. Chirculescu : **The 2-nd Working Session „Data Processing in Energy", Buşteni, May 26 — 27, 1983** 525—529

N. Armencoiu, N. Chirculescu, M. Ursu, T. Ene : **Data Processing in the Units of the Ministry of Electric Energy** 529—534

[DC : 621.31 + 621.1] : 681.3 : 002.6.SIREET

G. Grigoriu, M. Ursu : **The Data Processing System Concept for the Electric and Thermal Energy Branch — SIREET**

Starting from the main objective of the branch „the electric and thermal energy supply of the national economy and the development of the own materials basis for all levels, the structure and rates given by the Unique national economic and social development plan, using with the best efficiency the resources provided by the national economy" and the identification of the prioritary objectives of the branch management for a period of 15 — 20 years, the paper presents the basic concept for the design and construction of the data processing management system for the electric and thermal energy branch. The authors appreciate that the concept presents original elements in what regards : limiting the system spreading, treating the technological processes management as compared to the branch management data processing system, the criteria applied for the system structure establishment and implicitly for the definition and the delimitation of its components.

[*Energetica, vol.* 31 (1983) *nr.* 12, *p.* 534—539]

DC : 621.31 + 621.1] : 65.012.45 : 681.306 : 002.6 TECOR

Sanda Felea, Magdalena Cuciureanu, Al. Emanoil, E. Luca, D. Teodorescu, Fulga Ştefănescu : **The Technical and Economic Data Basis of an Industrial Central. The Concept of the TECOR System. Extending and Development Perspectives**

The paper presents the setting-up and achievement concept of the data basis and operation procedures system TECOR, used for the administration and processing of information and data of the technical and economic indicators system, at the level of the industrial centrals from the electrical and thermal energy branch.

Aspects connected to the utilization of the system and its integration manners in the current activity of the industrial central are presented as well as the solutions for the internal data bases system and for their operation procedures packs, the main technical and operational qualities achieved and the extensions and development possibilities of the implemented TECOR system.

[*Energetica, vol.* 31 (1983), *nr.* 12, *p.* 539—545]

DC : 65.012.45 : 681.306 : 007) : 621.311.22

Al. Emanoil, Margareta Pascu, Z. Frăţilă, Cornelia Novak, Ştefana Constantin : **Implementation Requirements and Results of the Data Processing System URMECO (for the Economic Operation Survey and Analysis of the Thermal Power Plants)**

The data processing system URMECO (for the economic operation analysis and survey of the thermal power plants) was conceived to be applied with all types of thermal power plants.

The implementation of the system URMECO with a thermal power plant means the first research-design stage, directed towards a system (in the technological field as well as in the data processing field) and another stage — directed towards the user — of commissioning and putting into operation.

The paper contains a detailed presentation of these stages, based on the experience accumulated during implementation, at the district heating plants, as well as on the assignments of the Ministry of Electric Energy regarding the generalized application of this system.

[*Energetica, vol.* 31 (1983), *nr.* 12, *p.* 546—548]

DC : 621.311 : 681.3.06

C. Buzea, Marioara Iloaşă, R. Teacă, Mihaela Onulescu, Elena Danilescu, Magda Scorţea : **Software for the Industrial Interfaces System Used in the 50 MW Power Units Control**

The paper presents the programs system for the obtaining and primary processing of analytical and binary data picked out from an industrial process; the data are deposited in the microsystem SPOT-80 from where they can be transmitted on requirement using the microsystem M-18.

[*Energetica, vol.* 31 (1983), *nr.* 12, *p.* 549—550]

DC : 620.9 — 52 : 681.322 — 181.4

Adriana Armencoiu, V. Neagu, Marioara Iloaşă : **Introducing the Secondary U—Q Control in the National Energy System, Using Process Computers**

The necessity to include the automatic voltage and reactive power control in the prioritary research subjects has been imposed by its important effects on the operation regimes optimization, i.e. for the optimal exploitation of the energy system.

The paper exposes the U—Q control „policy", while on the basis of the criteria and functions set up for the automatic voltage and reactive power control and on the proposed automation schemes, the hierarchic structure of the microcomputers having functions which are suitable for this type of control.

The solutions are presented for the application of the automatic voltage-reactive power control by process computers in industry (the 400/220/110 kV substation of the thermal power plant Bucureşti Sud).

[*Energetica, vol.* 31 (1983), *nr.* 12, *p.* 550—554]

DC : 621.311.21 — 52 : 681.3 : 654.14/15

S. Ionescu, I. Petcu, R. Popescu, C. Cereşanu, D. Săndulescu : **The Teledata Processing System Concept for the Operative Control of the Hydropower Plants on the Middle Olt Basin**

The process computer dispatcher control concept for the hydropower plants on the middle Olt basin belonging to the hydropower enterprise Rîmnicu Vîlcea is presented.

According to the requirements of the „System Analysis" the solution adopted for the middle Olt basin and the enterprise Rîmnicu Vîlcea as well as the achievement stages of the teledata processing system are detailed.

The system functions, the hardware-software structure, the equipment supply necessar for the future setting-up of the dispatcher are presented.

[*Energetica, vol.* 31 (1983) *ne.* 12, *p.* 554—556]

DC : 621.311.21.001.13 : 681.3.004.14

L. Lefter, Al. Burciu, I. Toma, I. Mihai, I. Finkelstein, D. Sarba, E. Maurer, V. Cristea : **Computer Design at the Hydropower Studies and Design Institute — ISPH. Examples and Considerations**

The data processing in the structure analysis is used at the Hydropower Studies and Design Institute for computer assisted design solving problems as is the hydroenergy constructions resistance and stability for static and dynamic loads. The paper synthesises this activity and brings examples of practical applications with types of problems solved, conclusions and perspectives.

Thus, the programs set OPTAB enables the optimal alternative choice for a rock-filled dam (Rîuşor).

Computations with the finite elements (programs of the type SAP 4) for the escape concrete dams on the Olt river have outlined the advantages of the automation in the choice of the optimal alternatives.

The automatic stresses and deformations computation and dam projects is performed using the method of finite elements and the test loads method considering the interaction field-dam and different stresses (e.g. the Petrimanu dam).

The behaviour under dynamic stresses (operation vibrations, explosions etc.) is analysed by computer processing of the measurements results obtained in situ and of the automatic dynamic calculation of the structure for defining the operation limits (e.g. the Jidoaia dam).

[*Energetica, vol.* 31 (1983), *nr.* 12, *p.* 557—562]

DC : 624.042.7 : 627.8] : 681.3

A. Constantinescu : **The Computer Assisted Rock-Filled Dams Seismic Computation**

The paper presents the programs stack for the rock-filled dams seismic computations, its advantages as compared to the pseudostatic computation. The disadvantages of the old method are presented.

The possibilities to study a great number of construction alternatives are pointed out, possibilities created by the use of a computer.

Although the design activity increases constantly, the new method leads to the improvement of the knowledge degree of the real construction behaviour as well as to the superiority of the rational equilibrium between safety and economy.

The paper presents the first application of the programs stack: the Surducul Mic dam.

[*Energetica, vol.* 31 (1983), *nr.* 12, *p.* 563—564]

DC : 621.311.004.5/6 : 002.681.3.06

B. Ungureanu, Anastasia Marinescu. I. Coman, Elena Constantin, Carmen Buhăceanu, D. Dănăricu, I. Irimia : **The Data Processing Repairment Sub-System for the Technological Equipment of a Hydropower Enterprise**

The paper refers to the automatic data processing within the data processing repairment subsystem developed with the experts of the Energy Studies and Design Institute together with the Hydropower Enterprise Craiova which is to be used in other such enterprises as well. The subsystem is meant to provide all the data processing items required for the repairments considering also the legislation of our country which imposes a preventive planned service and repairment system for stationary funds.

The objectives and the functions of the sub-system are presented the information structure, its components and a short description of the program set up for the Romanian computers Independent and Coral.

[*Energetica, vol.* 31 (1983), *nr.* 12, *p.* 565—567]

DC 621.313.12 :681.33

C. Berbece, I. Lupaşcu, B. Păsculescu, Constantina Berbece: **ICEMENERG View on M-118 Microcomputers for Control in Thermal Power Plants**

As a results of the collaboration betwen ICEMENERG and the Enterprise of Electronic Computers Bucharest, the prototypes of a unitary series of computer systems meant for process control in thermal power plants have been achieved.

They are performed on the basis of M-118 microcomputers and SPOT-80 process interfaces manufactured by the Enterprise of Electronic Computers Bucharest.

The process computer system is modulary designed and is organized on the functional decentralization principle.

The computing subassemblies are introduced into an operative desk provided with displays and an operator console.

The utilization of mosaic modules makes it possible to organize the operator console depending on applications and to arrange the mnemotechnical drawing, the push-buttons and the signalling LEDs at desire.

SINEX-82 is an eguipment specially designed for energetics, namely for 330 MW coal-fired units (first application: unit No. 5 at the thermal power plant Rovinari) and has the following functions:

— event chronological monitoring;
— operative control of economic operation;
— digital control of technological parameters.

[*Energetica*, *vol.* 31, (1983), *nr.* 12, *p.* 568—573]

THE CONTENTS OF ENERGETICA FOR THE YEAR 1983 574—576

A II-a consfătuire de lucru "Informatica în energetică" Buşteni — 26—27 mai 1983

În zilele de 26 — 27 mai a avut loc la Buşteni a II-a consfătuire de lucru „Informatica în energetică", organizată de Centrul de Calcul Electronic din Institutul de Studii şi Proiectări Energetice — coordonator în cadrul Ministerului Energiei Electrice al activităţii de informatică — în colaborare cu Direcţia de organizare, control, personal, învăţămînt din M.E.E. La consfătuire au participat peste 220 de specialişti din aparatul central al M.E.E., centralele industriale C.I.P.E.E.T. şi C.I.R.E., Dispecerul Energetic Naţional, trusturile de construcţii şi montaj — T.E.C., T.C.H., T.En.M., T.El.M. — Centrul de Perfecţionare a Lucrătorilor din M.E.E., I.C.M.P., IUGC Energoutilaj, BACME, institutele de cercetare, studii şi proiectări — ICEMENERG, I.S.P.H. şi I.S.P.E.

La lucrările consfătuirii au participat reprezentanţi ai Institutului Central pentru Conducere şi Informatică, Institutului Politehnic Bucureşti, Centrului de Organizare şi Cibernetică în Construcţii, Centrelor Teritoriale de Calcul Electronic Braşov şi Deva, Institutului de Proiectări pentru Automatizări, Centrului de Pregătire a Personalului din Ministerul Industriei Construcţiei de Maşini.

Consfătuirea a avut ca obiectiv principal dezbaterea, pe baza analizei critice a realizărilor din ultimii ani, propunerilor formulate de colectivele de informaticieni din unităţile M.E.E. în vederea stabilirii măsurilor care să conducă la creşterea substanţială a contribuţiei informaticii la rezolvarea problemelor cu care sînt confruntaţi specialiştii energeticieni, în perioada şi la cotele exigenţelor actuale, pentru asigurarea economiei naţionale cu energie electrică şi termică în condiţii de eficienţă şi siguranţă sporită.

Lucrările s-au desfăşurat în şedinţe plenare, precum şi în trei secţiuni şi trei mese rotunde.

Cuvîntul de deschidere al consfătuirii a fost adresat, în numele conducerii ministerului, de către dr. ing. N. Armencoiu — directorul I.S.P.E.

La şedinţa plenară de deschidere a consfătuirii au fost supuse dezbaterii următoarele patru referate:

- Informatica în unităţile M.E.E.

  Autori: Dr. ing. N. Armencoiu — director I.S.P.E.
  Dr. ing. N. Chirculescu — director adj. tehnic I.S.P.E.
  Ing. M. Ursu — analist pr. gr. II C.C.E. — I.S.P.E.
  Ing. T. Ene — inginer pr. gr. III DOCPI — M.E.E.

- Problematica cercetării în domeniul energiei la nivelul economiei naţionale şi sarcinile ce decurg pentru informatică din rolul M.E.E. de administrator unic al resurselor energetice.

  Autori: Dr. ing. C. Mihăileanu — director general ICCE
  Dr. ing. M. Duma — şef laborator ICEMENERG
  Ing. S. Felea — cercetător pr. gr. III ICEMENERG

- Eficienţa informaticii în unităţile M.E.E.

  Autori: Dr. ing. N. Chirculescu — director adj. tehnic C.C.E. — I.S.P.E.
  Ing. G. Grigoriu — analist pr. gr. I. C.C.E. — I.S.P.E.
  Ing. M. Ursu — analist pr. gr. II C.C.E. — I.S.P.E.

- Rolul Centrului de Perfecţionare a Lucrătorilor din M.E.E. în promovarea informaticii în unităţile M.E.E.

  Autori: Ing. M. Cristodor — lector C.P.L.
  Ing. M. Cârlan — lector C.P.L.
  Ing. M. Birjovan — lector C.P.L.

După prezentarea în şedinţa plenară a referatelor de sinteză, de interes general, lucrările consfătuirii de lucru s-au desfăşurat pe secţiuni:

Secţiunea 1: Sisteme informatice şi aplicaţii pentru conducerea de ansamblu a unităţilor

Biroul secţiunii: Dr. ing. N. Chirculescu — director adj. tehnic C.C.E. — I.S.P.E.
Ing. G. Grigoriu — analist pr. gr. I C.C.E. — I.S.P.E.
Ing. L. Luca — şef serviciu DOCPI—M.E.E.
Ing. D. Teodorescu — şef Oficiu de calcul C.I.R.E.
Ing. Sanda Felea — cercetător pr. gr. III ICEMENERG

Secțiunea 2-a : Sisteme de conducere cu calculatoare electronice a proceselor tehnologice

Biroul secțiunii : Ing. A. Davidoviciu — director I.C.I. — Direcția de Cercetare
Dr. ing. S. Ionescu —analist pr. gr. I C.C.E. — I.S.P.E.
Ing. E. Neniță — șef secție I.S.P.E.
Ing. D. Săndulescu — cercetător pr. gr. II, șef colectiv ICEMENERG

Secțiunea a 3-a : Programe și pachete de programe pentru asistarea activității de cercetare-proiectare

Biroul secțiunii : Ing. I. Stăncioiu — director COCC
Ing. B. Ungureanu — analist pr. gr. I C.C.E. —I.S.P.E.
Dr. ing. Tr. Ionescu — cercetător pr. gr. II — ICEMENERG

Participanții la consfătuire au acordat o atenție deosebită dezbaterilor tematice din cadrul celor trei mese rotunde :

— Probleme metodologice privind eficiența informaticii
Moderator : Ing. G. Grigoriu — analist pr. gr. I, C.C.E. — I.S.P.E.
— Produse program generalizabile în unitățile M.E.E.
Moderator : Ing. B. Ungureanu — analist pr. gr. I, C.C.E. — I.S.P.E.
— Concepția privind utilizarea calculatoarelor electronice în conducerea proceselor tehnologice din ramura energiei electrice și termice.
Moderator : Dr. ing. S. Ionescu — analist pr. gr. I, C.C.E. — I.S.P.E.

Larga participare a specialiștilor informaticieni din unitățile ministerului și a reprezentanților conducerilor acestora, amploarea tematicii abordate, numărul mare de referate prezentate, conținutul discuțiilor purtate pe marginea acestora, precum și nivelul ridicat al dezbaterilor din cadrul meselor rotunde reprezintă tot atîtea argumente pentru utilitatea consfătuirii de lucru, progresul remarcabil realizat de informatica în energetică, apreciat în raport cu prima consfătuire de lucru în acest domeniu, care a avut loc în 1975.

Dacă la nivelul anului 1975 realizările prezentate se refereau în principal la proiectarea și cercetarea asistată de calculator, în prezent se constată extinderea problematicilor rezolvate utilizînd prelucrarea automată a datelor în domeniul conducerii activității economice a unităților și al conducerii proceselor tehnologice (conducerea operativă prin dispecer, conducerea blocurilor și grupurilor din centralele termoelectrice și de termoficare, conducerea nodurilor hidroenergetice, conducerea rețelelor de termoficare).

Cu unele excepții, informatica a pătruns, practic, în toate unitățile ministerului, devenind o modalitate și un mijloc de rezolvare a problemelor curente ale acestora.

La consfătuire s-au prezentat următoarele referate, grupate pe cele trei secțiuni :

Secțiunea I : Sisteme informatice și aplicații pentru conducerea de ansamblu a unităților

1. Concepția de realizare a sistemului informatic pentru conducerea ICEMENERG
   Mat. T. Pușcoci, mat. Rodica Gheorghiu, mat. Georgeta Frăsineanu, ec. E. Bănceanu — ICEMENERG
2. Sistemul informatic tehnologic și de conducere al I.S.P.E. Concepție, realizări, perspective și efecte economice
   Dr. ing. N. Chirculescu, ing. G. Grigoriu, ing. B. Ungureanu, ing. M. Ursu — I.S.P.E.
3. Tablou de bord al conducerii C.I.R.E. realizat cu echipament DAF 2010 în regim de teleprelucrare
   Ec. Gh. Păunescu — C.I.R.E.
4. Sistemul informatic al C.I.R.E.
   Ing. D. Teodorescu — C.I.R.E.
5. Sistem informatic pentru conducerea I.S.P.H.
   Ec. L. Bădescu — I.S.P.H.
6. Concepția de ansamblu și eficiența economică scontată pentru sistemul informatic de conducere al IUGC Energoutilaj
   Ing. M. Damian, ec. Lucia Străinescu, ing. L. Constantin, mat. Z. Nicolae — IUGC Energoutilaj
7. Concepția sistemului informatic de conducere al T.El.M. ; stadiul realizării sistemului
   Ec. I. Tatăr, ec. E. Cristescu — T.El.M.
   Ing. M. Damian, ec. N. Ionescu, ec. D. Guteș — I.S.P.E.
8. Dezvoltări realizate la aplicația PROFILAX : evidența încercărilor-măsurătorilor profilactice la echipamentele din stațiile electrice de transformare de IT/MT
   Ing. Gh. Ionașcu, ing. H. Constantinescu — IREB
   Dr. ing. N. Chirculescu, ing. Silvia Mathe, ing. I. Iordache, mat. I. Stiger — I.S.P.E.
9. Conceptul sistemului informatic al ramurii energici electrice și termice SIREET
   Ing. G. Grigoriu, ing. M. Ursu — I.S.P.E.
10. Realizarea într-o concepție unitară și proiectarea tipizată a sistemelor informatice de conducere ale noilor obiective de investiții din CET
    Dr. ing. N. Chirculescu, ing. G. Grigoriu, ing. M. Damian, ing. Lisette Cochet — I.S.P.E.
11. Cerințe și rezultate privind implementarea sistemului informatic URMECO (analiza și urmărirea funcționării economice a termocentralelor)

Ing. A. Emanoil, ing. Margareta Pascu, mat. Z. Frățilă, mat. Cornelia Novak, mat. Ștefana Constantin — — ICEMENERG

12. SIRE — Subsistem informatic pentru activitatea de reparații a instalațiilor și construcțiilor tehnologice dintr-o întreprindere de electrocentrale
Ing. A. Marinescu, ing. B. Ungureanu, ec. C. Buhăceanu, ing. I. Coman, ec. E. Constantin — I.S.P.E.
Ing. D. Dănăricu, mat. I. Irimia — I.E. Craiova
13. Subsistem informatic pentru programarea și urmărirea producției de energie electrică și termică în termocentrale
Ing. D. Dănăricu, mat. I. Irimia — I.E. Craiova
14. Concepția de organizare și tratare a informației privind instalațiile și construcțiile tehnologice într-o întreprindere de electrocentrale; cerințe privind utilizarea minisistemelor de calcul
Ing. G. Grigoriu, ing. M. Damian, ec. E. Georgescu — — I.S.P.E.
15. Aspecte privind utilizarea pachetului de programe EVMAT cuplat cu sistemul NOMMAT într-o întreprindere de electrocentrale
Ing. M. Apostol — I.E.Borzești
Ing. M. Damian, ec. V. Paraschivoiu, mat. A. Petre — — I.S.P.E.
16. Pachet de programe pentru pregătirea, programarea, evidența și raportarea producției de construcții-montaj în lucrările hidroenergetice
Ing. I. Druță, ing. S. Kamenitzer, Th. Cipu, mat. F.Alecu, mat. A. Cercel — TCH București
17. Rezultate privind implementarea și exploatarea pachetului de programe GECOP
Ing. Carmen Laurențiu — C.I.R.E.
18. Produse program pentru dezvoltarea aplicațiilor GECOP (gestiunea consumatorilor particulari) și GECOS (gestiunea consumatorlor socialiști)
Ec. I. Turcitu, mat. O. Gossler — IRE Cluj
19. Sistemul bazei de date tehnico-economice (TECOR) la nivel de centrală industrială; concepție, realizări
Ing. Sanda Felea, mat. Magdalena Cuciureanu, ing. A. Emanoil — ICEMENERG
Ing. E. Luca — M.E.E.
Ing. D. Teodorescu, ec. Fulga Ștefănescu — C.I.R.E.
20. Prelucrarea informației privind programele de măsuri pentru creșterea productivității muncii la IE Râmnicu Vîlcea
Mat. I. Moroianu, mat. I. Neacșu, ec. C. Ristea — IE Rm. Vîlcea
21. Implementarea bazei de date TECOR pentru gestiunea indicatorilor tehnico-economici la nivel C.I.R.E.
Mat. Magdalena Cuciureanu, ing. Sanda Felea, mat. Ilaria Filipeanu, mat. I. Vișan, teh. Magda Cristescu — — ICEMENERG
Ing. D. Teodorescu, ing. Carmen Laurențiu, mat. Nicoleta Neagu — C.I.R.E.
22. Soluții de utilizare în regim conversațional a bazei de date TECOR
Ing. Sanda Felea, ing. A. Emanoil, mat. Magdalena Cuciureanu, mat. I. Vișan, mat. Monika Roșca, mat. Ilaria Filipeanu — ICEMENERG
23. Soluții de utilizare a bazei de date TECOR pentru alte aplicații
Mat. Magdalena Cuciureanu, mat. Monika Roșca — ICEMENERG
24. Gestiunea personalului ICEMENERG în regim conversațional pe sistemul FELIX C 32/64
Ing. D. Rădulescu — ICB
Ing. A. Iuga — ICEMENERG
25. EVTRAN — Evidența utilizării și întreținerii mijloacelor de transport auto
J. Danciu, A. Stănescu, O. Vestinian, L. Pop — TEC
26. Pachet de programe privind urmărirea zilnică a funcționării centralelor termoelectrice
Ec. T. Popescu, mat. C. Popescu — C.I.P.E.E.T.
27. Pachet de programe privind întocmirea planului de investiții pe întreprinderi de centrale și bănci finanțatoare
Mat. E. Ghionea, ec. L. Simon — C.I.P.E.E.T.
28. Sistem automatizat de informare științifică și tehnică pentru ramura energiei electrice (SAIST). Stadiul actual și perspective
Dr. ing. N. Chirculescu, ing. C. Cereșanu — I.S.P.E.
29. Realizări și perspective privind utilizarea PAD la elaborarea documentației economice de proiectare și urmărirea realizării obiectivelor energetice
Dr. ing. N. Chirculescu, ec. C. Jianu, ing. M. Ionescu, ing. B. Ungureanu — I.S.P.E.
30. Proiectarea, încărcarea și exploatarea secțiunii bazei de date privind instalațiile și echipamentele tehnologice, componentă a sistemului informatic pentru conducerea întreprinderii de rețele electrice
Ing. M. Ursu, mat. Georgeta Stănciulescu — I.S.P.E.
Ing. M. Daniliuc — IRE Suceava
31. Dezvoltări realizate la sistemul informatic de conducere al BACME și efecte obținute asupra creșterii calității deciziilor de conducere
Ing. I. Potorac, ec. C. Colea, ec. C. Tașcă, ec. I. State — BACME
Ec. T. Purcărea — I.S.P.E.
32. Sistem de culegere date cu terminal TELEROM T3V1 pe microcalculator M-18
Ing. N. Brumă — I.R.E. Iași
Mat. A. Policov — CTCE Iași

Secțiunea a 2-a: Sisteme de conducere cu calculatoare electronice a proceselor tehnologice

1. Situația actuală și perspectiva dotării cu tehnică de calcul a conducerii operative prin dispecer a SEN
Ing. Hermina Albert, ing. A. Boboc, dr. ing. S. Ionescu, ing. Susette Marcu, ing. B. Ungureanu — I.S.P.E.
2. Considerații asupra proiectării sistemelor de conducere centralizată în rețele electrice, realizate pe bază de tehnică de calcul
Ing. B. Stoleru, ing. V. Chiriță, ing. I. Pivniceru, ing. A. Boboc — I.S.P.E.
3. Probleme legate de introducerea echipamentelor programabile în stațiile electrice de înaltă tensiune
Ing. Hermina Albert, ing. Susette Marcu — I.S.P.E.
4. Concepția organizării conducerii centralizate cu calculator de proces a sistemelor de termoficare
Ing. N. Niculescu, ing. I. Tudor, ing. A. Bădulescu — — I.S.P.E.
5. Optimizarea regimurilor de funcționare a rețelelor de termoficare cu ajutorul calculatoarelor de proces
Ing. V. Irimia, mat. Rodica Onu — ICEMENERG
Mat. R. Șerban — ASE
6. Introducerea reglajului secundar U—Q în sistemul energetic național, utilizînd calculatoare de proces
Ing. Adriana Armencoiu, ing. V. Neagu — ICEMENERG
Mat. M. Itoafă — ISPE
7. Sistem teleinformatic pentru conducerea procesului tehnologic de distribuție a energiei electrice la IRE Brașov
Ing. R. Popescu, mat. I. Crețu, mat. C. Oprea, mat. M. Marinescu, ing. I Petcu, ec. O. Scorțea, ing. M. Mureșan — I.S.P.E.
Ing. M. Dumitru, ing. G. Florescu, ing. E. Constantin — — ICI; ing. D. Săndulescu, ing. I. Popa — ICEMENERG
8. Sistem teleinformatic pentru conducerea procesului tehnologic de distribuție a energiei electrice la IRE Suceava
Mat. M. Marinescu, mat. I. Crețu, mat. C. Oprea, ing. I. Petcu, ing. R. Popescu, ec. O. Scorțea — I.S.P.E.
Ing. O. Mustață, ing. I. Hopulele — I.R.E. Suceava
Ing. G. Florescu, ing. R. Majaru — ICI
9. Sistem de teleconducere a stațiilor de 110 kV/MT cu calculator de proces — Subsistemul software
Ing. N. Iliescu, dr. ing. S. Ionescu, mat. M. Scârlete — — I.S.P.E.
Ing. O. Georgescu — ICEMENERG
10. Utilizarea microcalculatoarelor ECAROM în telemecanizarea stațiilor de 110 kV/MT
Ing. P. Stan — I.R.E. Pitești

11. Optimizarea decuplajului teritorial al rețelelor de 110 kV și MT în vederea amplasării DED
Ing. M. Olteanu — C.I.R.E.
Dr. ing. S. Iliescu, dr. ing. D. Mihoc — I.P.B.
12. Sisteme de urmărire în timp real a energiei pe contururi de rețea
Dr. ing. H. Cristea, mat. Liana Bilegan — ICEMENERG
13. Soluții privind echiparea centralelor electrice cu calculatoare de proces
Ing. C. Beschea, ing. M. Tăpuș, ing. M. Bălăuță — — I.S.P.E.
14. Software pentru sistemul de interfețe industriale SPOT-80 utilizat în conducerea blocurilor energetice de 50 MW
Mat. E. Danilescu, mat. M. Scorțea, mat. I. Itoafă, ing. C. Buzea, ing. M. Onulescu, ing. R. Teacă — I.S.P.E.
15. Concepția utilizării microcalculatoarelor M-118 în supravegherea și comanda grupurilor termoenergetice mari
Dr. ing. C. Berbece, ing. A. Păsculescu, ing. I. Lupașcu — ICEMENERG
16. Programul SPADA — o aplicație de supraveghere în timp real a unei instalații termoenergetice
Ing. S. Livezeanu, ing. O. Ghiga, teh. Fr. Kolbay — ICEMENERG
17. Concepția sistemului teleinformatic pentru conducerea operativă a hidrocentralelor din bazinul Olt — mijlociu
Dr. ing. S. Ionescu, ing. I. Petcu, ing. R. Popescu, ing. C. Cereșanu — I.S.P.E.
Ing. D. Săndulescu — ICEMENERG
18. Aplicații experimentale cu funcții de comandă ale calculatoarelor de proces în energetică
Ing. R. Savulian, ing. L. Țînțăreanu — I.S.P.E.

Secțiunea a 3-a : PROGRAME ȘI PACHETE DE PROGRAME PENTRU ASISTAREA ACTIVITATII DE CERCETARE-PROIECTARE

1. Proiectare asistată de calculator în I.S.P.H.
Dr. ing. L. Lefter, ing. Al. Burciu, dr. ing. I. Toma, ing. I. Mihai, ing. I. Finkelstein, mat. D. Sarba, mat. E. Maurer, mat. V. Cristea — I.S.P.H.
2. Utilizarea echipamentelor de desen automat în activitatea de proiectare I.S.P.E.
Mat. M. Ciubotaru, mat. L. Pavlov — I.S.P.E.
3. PARED — Pachet de programe pentru proiectarea rețelelor electrice de distribuție
Dr. ing. Tr.-G. Ionescu, mat. Liana Bilegan — ICEMENERG
4. REDIS — Pachet de programe pentru proiectarea rețelelor electrice din incinte industriale
Dr. ing. H. Crișciu — I.P.B.
Ing. B. Ungureanu — I.S.P.E.
5. Programe pentru proiectarea și verificarea instalațiilor de legare la pămînt ale stațiilor de transformare exterioare de 110 — 400 kV
Ing. N. Ciugudeanu — IRE Cluj
6. Program pentru dimensionarea instalațiilor de legare la pămînt complexe, cu electrozi paraleli și perpendiculari, în stațiile de înaltă tensiune
Ing. M. Sufrim — I.S.P.E.
Dr. ing. A. Selinschi — I.P.B.
Ing. E. Sufrim — T.E.M.
7. Pachet de programe pentru proiectarea structurilor portalilor stațiilor de transformare exterioare
Ing. M. Deleanu — I.S.P.E.
Ing. L. Dogaru — COCC
8. Metode și programe pentru normarea, urmărirea și analiza consumului propriu tehnologic în rețele
Ing. Hermina Albert, ing. A. Mihăilescu, ing. M. Voicu — I.S.P.E.
9. Program pentru ierarhizarea consumatorilor de energie electrică în scopul reducerii prejudiciilor economiei naționale, în cazul lipsei de putere și/sau energie
Dr. ing. E. Costin, ec. C. Groșanu — I.S.P.E.
10. Programe de analiză și prognoză pe termen scurt a curbelor de sarcină pentru SEN
Dr. ing. E. Costin — I.S.P.E.
11. Calculul parametrilor destinderii aburului în treptele unei turbine
Ing. Adriana Duma, ing. R. Regman — ICEMENERG
Ing. O. Andrei — I.E. Turceni
12. Calculul indicatorilor privind comportarea în exploatare a blocurilor energetice
Ing. G. Poenaru, mat. Magdalena Cuciureanu, mat. M. Eftodie, ec. S. Olaru — ICEMENERG
13. Pachet de programe pentru proiectarea părții de automatizare a CTE și CET
Ing. O. Apostol, mat. Gh. Toader — I.S.P.E.
14. Pachete de programe pentru proiectarea automată a construcțiilor energetice
Ing. V. Mustață, ing. A. Ungureanu, ing. A. Popa-Burcă — I.S.P.E.
15. Programe pentru optimizarea soluțiilor de proiectare a elementelor de construcții
Ing. Al. Dragomir — I.S.P.E.
16. Programe pentru proiectarea armării grinzilor de beton armat
Ing. V. Mustață, mat. E. Danilescu — I.S.P.E.
17. Analiza oportunității realizării unor microhidrocentrale cu deviere provizorie a apelor, cu batardou și galerie
Ing. D. Iordache, sing. C.Dimitriu, ing. A.Constantinescu — I.S.P.H.
18. Optimizarea economică și siguranța în funcționare a schemelor de deviere a apelor, cu batardou și galerie
Dr. ing. St. Ionescu, ing. D. Iordache, ing. A. Constantinescu — I.S.P.H.
19. Utilizarea modelelor de simulare — optimizare în proiectarea hidraulică a barajelor de joasă cădere
Ing. I. Moraru, mat. I. Stănescu — I.S.P.H.
20. Programe pentru optimizarea secțiunii barajelor din materiale locale
Mat. M. Sîrbu — I.S.P.H.
21. Prelucrarea automată a rezultatelor de injecții de impermeabilizare, consolidare și legătură din fundația barajelor
Ing. I. Surugiu, dr. ing. St. Ionescu, dr. ing. M. Georgescu, tehn. A. Socu — I.S.P.H.
22. Calculul seismic al barajelor din materiale locale
Ing. A. Constantinescu — I.S.P.H.
23. Program pentru determinarea cantității de umiditate ce îngheață în combustibil și a rezistenței combustibilului înghețat
Ing. C. Petrescu, ing. R. Dumitrache — I.S.P.E.
24. Adaptarea programului SAP-IV pentru calculul structurilor folosind rezolvarea sistemelor algebrice liniare mari cu memoria matricei ca bandă variabilă
Mat. L. Badea — I.S.P.E.

S-au făcut demonstrații practice de lucru în teleprelucrare pe un echipament DAF — 1001 cuplat prin rețeaua telefonică cu CTCE Brașov, privind „Aplicații informatice pentru facturarea abonaților particulari și socialiști — (în teleprelucrare)". Demonstrația a fost realizată de reprezentanții CTCE Brașov, invitați la consfătuire.

Pe baza informărilor prezentate de birourile secțiunilor și de moderatorii dezbaterilor tematice de la mesele rotunde, dr. ing. N. Chirculescu — director adj. tehnic al I.S.P.E. — a prezentat, în ședința plenară de închidere a consfătuirii de lucru, concluziile acestei importante manifestări a specialiștilor informaticieni din cadrul M.E.E.

În concluzii au fost evidențiate direcțiile principale ale dezvoltării informaticii în energetică corelate cu creșterea eficienței informatizării activităților de cercetare-proiectare asistată de calculatoare electronice, de conducere a ramurii și unităților M.E.E., precum și de conducere a proceselor tehnologice, și anume:

1. Introducerea calculatoarelor electronice trebuie să fie prioritară în domeniul conducerii proceselor tehnologice, în care scop este necesar ca încă de la proiectare noile obiective să fie prevăzute cu sisteme informatice pentru conducerea cu calculatoare electronice. Pentru urgentarea rezolvării acestui obiectiv se impune conjugarea organizată a acțiunilor cercetătorilor, proiectanților, beneficiarilor și furnizorilor de echipamente și software în baza unor reglementări metodologice.

2. În domeniul realizării sistemelor informatice pentru conducerea activității economice a unităților se impune trecerea la o nouă calitate, în sensul preluării prin PAD a problematicii corespunzătoare activităților de producție (programarea, lansarea și urmărirea producției, programarea, lansarea și urmărirea realizării lucrărilor de reparații; optimizarea utilizării resurselor materiale financiare și umane etc.).

Totodată, trebuie crescut gradul de implicare a compartimentelor utilizatoare în exploatarea aplicațiilor informatice.

3. Asistarea proiectării și cercetării cu calculator electronic trebuie să se dezvolte în sensul realizării de produse-program care să acopere integral o problematică, iar din punctul de vedere al modului de lucru se impune să se treacă la proiectarea interactivă și respectiv la teleprelucrare.

4. Uniformizarea soluțiilor de realizare și dotare a sistemelor informatice, astfel încît să se asigure generalizarea de pachete de programe pe grupe tipologice de unități și procese tehnologice, asigurîndu-se o creștere a productivității muncii în proiectare (prin tipizare) și scurtarea termenelor de dare în exploatare a aplicațiilor și sistemelor.

5. Creșterea gradului de implicare a conducerilor unităților în informatizarea activităților informațional-decizionale în concordanță cu exigențele actuale privind creșterea productivității muncii.

6. Instituirea practicii organizării periodice de consfătuiri de lucru în domeniul informaticii, care să permită realizarea unui schimb de experiență util personalului implicat în această activitate, cu urmări pozitive în perfecționarea și dezvoltarea informaticii în M.E.E.

Concluziile celei de a II-a consfătuiri de lucru „Informatica în energetică" s-au materializat într-un plan de măsuri privind intensificarea informatizării activităților informațional-decizionale din unitățile M.E.E., aprobat de conducerea M.E.E.

Privită prin prisma rezultatelor pozitive obținute, a II-a consfătuire de lucru „Informatica în energetică" și-a atins pe deplin scopul și, prin urmare, ea reprezintă pentru organizatori și participanți un stimulent în ativitatea practică, și un argument pentru organizarea periodică a unor manifestări similare, ele constituind, după cum s-a demonstrat la consfătuirea de la Bușteni, salturi calitative în dezvoltarea informaticii, contribuind, în același timp, la crearea unui climat propice pentru introducerea progresului tehnic.

Dr. ing. N. Chirculescu

Director adjunct tehnic al I.S.P.E., coordonator al C.C.E. — I.S.P.E.

Informatica în unitățile Ministerului Energiei Electrice

Dr. ing. N. Armencoiu, dr. ing. N. Chirculescu, ing. M. Ursu, ing. T. Ene*

Studierea, proiectarea, construcția și conducerea Sistemului Energetic Național, care reprezintă cel mai complex ansamblu tehnologic din economia națională, a necesitat și necesită în continuare soluționarea unor probleme tehnice a căror rezolvare este condiționată de utilizarea pe scară din ce în ce mai largă a mijloacelor de prelucrare electronică a datelor.

Sub impulsul acestor necesități de ordin tehnic, în primul rînd pentru elaborarea studiilor de fundamentare a planurilor de electrificare 1961—1965 și 1966—1970 și în vederea asigurării conducerii operative prin dispecer, au fost constituite primele colective de informaticieni din

* Dr. ing. N. Armencoiu este director — I.S.P.E., dr. ing. N. Chirculescu este director adjunct tehnic — I.S.P.E. ing. M. Ursu — analist pr. gr. II I.S.P.E., T. Ene — inginer principal la DOCPI — M.E.E.

cadrul M.E.E. la I.S.P.E., în 1959, și la Dispecerul Energetic Național, în 1966, aceste unități fiind și primele care au fost dotate cu calculatoare electronice (CIFA-102 în 1965 și IRIS-50 în 1971, la I.S.P.E., și ELLIOT-4120 în 1966, la DEN).

Instalarea în centralele termoelectrice a primelor blocuri cu puteri unitare mari a condus la instalarea primelor calculatoare de proces, pentru conducerea și supravegherea unor blocuri, la CET Ișalnița și CTE Luduș.

Începînd cu anul 1970, la preocupările de utilizare a calculatoarelor electronice în activitatea de concepție (proiectare, cercetare) s-au adăugat și primele încercări de elaborare de sisteme informatice pentru conducere-gestiune.

În baza Hotărîrii Comitetului Central al P.C.R. din 18 aprilie 1972 privind „Perfecționarea sistemului informațional economico-social, introducerea sistemelor de conducere cu mijloace de prelucrare automată și dotarea economiei cu tehnică de calcul în perioada 1971—1980", Ministerul Energiei Electrice a adoptat (Hotărîrea nr. 16/14 martie 1973) programul său propriu privind extinderea prelucrării automate a datelor în unitățile M.E.E. și dotarea acestora cu echipamente de calcul. În aceeași perioadă s-a cristalizat și concepția de utilizare a calculatoarelor electronice în cercetarea, proiectarea, construcția, exploatarea și conducerea sistemului energetic național.

Prin Hotărîrea nr. 17/1976 a Consiliului de conducere al Ministerului Energiei Electrice a fost aprobat „Programul M.E.E. de proiectare, implementare a sistemelor, subsistemelor și aplicațiilor informatice în perioada 1976—1980", perioadă care a marcat consolidarea structurilor organizatorice pentru informatică din cadrul ministerului, punerea în funcțiune a sistemului teleinformațional pentru conducerea operativă prin dispecer a sistemului energetic național, abordarea sistemului macroeconomic al ramurii energiei electrice și termice și, ceea ce este cel mai important, trecerea la utilizarea calculatoarelor electronice în activități de gestiune-conducere, într-un număr din ce în ce mai mare de unități.

Sarcinile deosebite care revin M.E.E. în actualul cincinal și în perspectivă privind dezvoltarea Sistemului Energetic Național, creșterea siguranței și economicității în funcționarea acestuia, precum și sporirea eficienței economice în toate activitățile care se desfășoară în unitățile ministerului, impun, printre alte măsuri, accentuarea informatizării proceselor de producție (tehnologice), de concepție (proiectare, cercetare) și de conducere (informațional—decizionale).

În cele ce urmează se prezintă stadiul la care a ajuns informatica în unitățile M.E.E. în raport cu sarcinile ministerului și ținînd seama de prevederile planurilor de stat și departamentale de realizare a sistemelor informatice și de dotare cu tehnică de calcul.

1. Realizarea sistemelor informatice

În conformitate cu prevederile Planului național unic de dezvoltare economico-socială a R.S.România pe perioada 1981—1985, unităților Ministerului Energiei Electrice le revine sarcina realizării următoarelor sisteme informatice:

— sistemul macroeconomic al ramurii energiei electrice și termice;

— 48 sisteme pentru conducerea de ansamblu a activității economice (centrale industriale, trusturi, întreprinderi electrocentrale, întreprinderi de rețele electrice, alte unități direct subordonate);

— 27 sisteme pentru conducerea proceselor tehnologice (dispeceri electrici de distribuție, blocuri energetice, amenajări hidroenergetice, sisteme electrice de termoficare etc.);

— trei sisteme pentru asistarea cercetării-proiectării cu calculatoare electronice.

Sistemul macroeconomic al ramurii energiei electrice și termice este structurat pe două componente:

— sistemul pentru conducerea operativă a sistemului electroenergetic național;

— sistemul pentru conducerea activității economice a ramurii.

Sistemul teleinformatic pentru conducerea operativă prin dispecer este în funcțiune integral din 1979, asigurînd supravegherea și comanda instalațiilor și respectiv stabilirea regimurilor optime de funcționare ale SEN, din punctul de vedere al mersului economic al centralelor, urmăririi schimbului de energie cu alte sisteme electroenergetice, consumurilor tehnologice minime și creșterii gradului de siguranță în funcționarea instalațiilor și alimentării unităților de bază ale economiei.

Sistemul pentru conducerea activității economice a ramurii se află în curs de proiectare, aceasta desfășurîndu-se în baza temei de realizare elaborată de CCE—I.S.P.E. în 1980 și însușită de conducerea ministerului. Pentru 1983 este prevăzută realizarea proiectelor de detaliu ale subsistemului planificării și dezvoltării bazei tehnico-materiale a ramurii și ale subsistemului producției de energie electrică.

Au fost cercetate, proiectate, implementate și se află în diferite stadii de exploatare experimentală, exploatare curentă sau extindere-generalizare mai multe sisteme și aplicații informatice, orientate pe activități sau obiective, baze de date etc.

În ceea ce privește realizarea sistemelor informatice pentru conducerea de ansamblu a unităților economice, aceasta se situează la nivelul planificat la unitățile C.I.R.E., însă cu multe întîrzieri la unitățile C.I.P.E.E.T. Trebuie subliniat, de asemenea, și stadiul avansat de realizare a sistemelor informatice la BACME, TEC, TEnM, precum și intensificarea preocupărilor în acest sens la TCH, IUGC.

Se apreciază că situația în domeniul realizării sistemelor informatice în unitățile electrocentrale se va îmbunătăți pe măsura intrării în funcțiune a obiectivelor pentru care I.S.P.E. a prevăzut acest lucru prin proiectele de investiții.

Deși față de plan nu sînt rămîneri în urmă în privința realizării sistemelor informatice pentru conducerea cu calculatoare a proceselor tehnologice, se constată că atît din cauze interne, cît și externe ministerului, progresele nu sînt la nivelul exigențelor. Trebuie, totuși, scoase în evidență stadiile avansate de realizare ale sistemelor teleinformatice DED Suceava, DED Brașov, DED Pitești.

Ca și în cazul sistemelor de conducere a activității economice și în domeniul calculatoarelor de proces există un decalaj între unitățile de rețele și cele de centrale, la aceasta contribuind și faptul că nici pînă în prezent nu s-a avizat la nivelul C.I.P.E.E.T. o concepție unitară, care să fie avută în vedere la proiectarea acestor sisteme.

În domeniul asistării cercetării și proiectării cu calculatoare electronice realizările sînt deosebite, institutele de cercetare, studii și proiectare ale ministerului utilizînd cu prioritate această modalitate tehnică în elaborarea studiilor, proiectelor și cercetărilor. Este necesar să se menționeze că, deși C.C.E. — I.S.P.E. și DOCPI-M.E.E. au acționat cu consecvență, pînă în prezent unitățile M.E.E. nu au reușit să intre în posesia unor pachete de programe generalizabile pentru activități comune pe economie, ceea ce duce în continuare la cheltuieli suplimentare de proiectare și la o utilizare nerațională a personalului de specialitate de care se dispune.

Făcînd bilanțul realizărilor în domeniul sistemelor informatice de conducere — gestiune se poate trage concluzia că informatica a intrat în practica curentă a factorilor de decizie din multe unități, contribuind la fundamentarea, obiectivizarea și mărirea operativității în actul de conducere.

2. Resursele umane și tehnice afectate informaticii

2.1. *Personal*; *utilizarea eficientă a acestuia*

Activitatea de informatică în unitățile ministerului se desfășoară cu preponderență prin centre, oficii și stații de calcul, organizate conform prevederilor Decretului nr. 499/1973.

La finele anului 1982 în unitățile de informatică erau încadrați 1308 lucrători, din care 388 analiști și programatori, 115 operatori la calculatoare electronice, 410 operatori la echipamentele de pregătire date, 131 controlori de date și 180 operatori la mașinile de contabilizat. Creșterea personalului din unitățile de informatică, determinată obiectiv de necesitățile unităților, este de 3,5 ori în intervalul 1976—1982 (în anul 1976 erau încadrați 327 informaticieni). Tot în această perioadă s-a reușit ca la majoritatea unităților ministerului să fie constituite unități de informatică, ajungîndu-se de la nouă unități în 1976 la 66 unități în 1982. Practic, toate întreprinderile de rețele, grupurile de șantiere și unitățile direct subordonate ministerului dispun de unități de informatică. O situație aparte o prezintă întreprinderile electrocentrale, unde din 22 întreprinderi numai nouă dispun de unități de informatică.

Trebuie remarcat faptul că unitățile s-au preocupat permanent de creșterea calificării profesionale a personalului de informatică (circa 70% din acesta urmînd în ultimii 3 ani cursuri de specializare și perfecționare). De asemenea, s-a acordat atenție pregătirii personalului utilizator al aplicațiilor informatice, organizîndu-se în acest sens cursuri de instruire atît în cadrul unităților (CIRE, TEC, TEnM), cît și în cadrul C.P.L. (anual C.P.L. organizează 2 — 3 cursuri cu profil informatic; module de informatică sînt incluse și în majoritatea celorlalte cursuri).

Referitor la utilizarea eficientă a personalului trebuie subliniat că în ultima perioadă s-a acordat o mai mare atenție utilizării personalului de analiză și programare al oficiilor de calcul în activități de întreținere și dezvoltare a aplicațiilor, transmițîndu-se sarcinile de exploatare propriu-zisă compartimentelor utilizatoare. Se constată în schimb, că, din cauza gradului de fiabilitate redus al perfo-verificatoarelor de cartele, operatorii nu au întotdeauna o încărcare maximă. De asemenea, în schemele de organizare ale oficiilor și stațiilor de calcul continuă să figureze operatori la mașinile de facturat contabilizat (45 la TEnM, 30 la TElM, 37 la TEC,

34 la C.I.R.E), deși s-a indicat ca acestea să fie trecute la compartimentele utilizatoare, iar operatorii respectivi — în alte domenii ale informaticii.

În ceea ce privește capacitatea de proiectare propriu-zisă existentă în centrele și oficiile de calcul ale centralelor și trusturilor, este sub necesarul de proiectare, unitățile ministerului fiind nevoite să se adreseze și centrelor de calcul din rețeaua ICI. Situația este și mai gravă în domeniul proiectării sistemelor pentru conducerea cu calculator a proceselor tehnologice, domeniu în care M.E.E. are sarcini deosebite.

2.2. *Dotarea cu tehnică de calcul. Încărcarea capacităților*

În prezent, în dotarea unităților ministerului sînt următoarele mijloace ale tehnicii de calcul:

- Calculatoare universale:
  - 8 sisteme de calcul FELIX C-256/1024 (2 — I.S.P.E., 2 — C.I.R.E., 1 — I.S.P.H., 2 — D.E.N., 1 — T.En.M.);
  - 5 minisisteme de calcul I-100, FELIX C-32;
  - 20 microsisteme de calcul M-18, CD-80.
- Calculatoare de proces:
  - 7 sisteme de calcul SIEMENS;
  - două sisteme de calcul FELIX C-32;
  - 7 sisteme de calcul M-18P;
  - 3 sisteme de calcul CORAL 4011;
  - 6 sisteme de calcul M-8P.
- Echipament pregătire date:
  - 301 perforatoare-verificatoare;
  - 120 alte echipamente de culegere, introducere și verificat date;
  - 287 mașini de facturat — contabilizat.

Sarcinile de plan privind încărcarea și utilizarea echipamentelor de calcul se realizează în general la nivelul planului, în condițiile existenței unor rezerve de capacități.

Exploatarea calculatoarelor electronice este mult îngreunată de deficiențele existente în activitatea de întreținere, de asigurare cu mult sub necesități a pieselor de schimb și a materialelor consumabile, situație care poate duce la întreruperea completă a activității. Se apreciază că, deși sub nivelurile prevăzute, dotarea cu tehnică de calcul a unităților ministerului se realizează corespunzător, mai ales la unitățile din București, care dispun de 6 din cele 8 calculatoare FELIX C-256/1024.

O serie de consecințe negative în activitatea de încărcare, asigurare cu personal și de exploatare a mijloacelor de prelucrare automată a datelor au fost generate de modul în care au fost promovate unele investiții în domeniul echipamentelor de calcul care nu au parcurs etapele reglementate prin legea investițiilor. În condițiile actuale, în care ICI nu mai dispune de fonduri centralizate, se impune ca problema dotărilor să fie tratată în exclusivitate în cadrul activității de investiții.

De altfel, și în acest an trebuie întreprinse demersuri de către unitățile care sînt prevăzute în plan cu dotări de la fonduri centralizate pentru a fi asigurate din fonduri proprii de investiții.

Un alt aspect ce trebuie subliniat este cel al asigurării dotărilor pentru sisteme informatice pentru conducerea proceselor tehnologice (SICPT), care periclitează darea acestora în funcțiune la termenele stabilite în planurile de investiții. Deși s-au făcut intervenții la conducerea ICI, situația nu este clarificată, ca de altfel și cea a celorlalte dotări din planul pe 1983.

3. Coordonarea activității unităților de informatică

Se asigură, conform prevederilor Decretului 499/1973 și ordinului M.E.E. nr. 71/1974, de către Centrul de calcul I.S.P.E. Se menționează că activitatea de coordonare a căpătat cadrul organizatoric începînd cu anul 1982.

Coordonarea activității de informatică se desfășoară pe bază de planuri anuale comune M.E.E. — ICI, prin care sînt precizate acțiunile de îndrumare și coordonare care se întreprind la nivelul CCE—I.S.P.E. și al celorlalte unități de informatică. În ultima perioadă măsurile mai deosebite se referă la acțiunea de îndrumare și control efectuată la toate unitățile în 1981 și 1982, testarea aptitudinilor și verificarea cunoștințelor personalului încadrat în unitățile de informatică, consfătuiri de lucru organizate de C.I.R.E. și C.I.P.E.E.T., elaborarea și urmărirea realizării planurilor de sisteme informatice și dotare cu tehnică de calcul, elaborarea și difuzarea de materiale metodologice.

În ceea ce privește modul în care oficiile de calcul ale centralelor industriale și trusturilor coordonează unitățile din subordine, situația este corespunzătoare la C.I.R.E., T.E.C., TE.nM și TCH și prezintă neajunsuri la C.I.P.E.E.T. și TElM (unde de altfel a și fost desființat oficiul de calcul al trustului).

Un aspect al activității de coordonare, care trebuie clarificat este poziția centrului de calcul coordonator în raport cu ICI. Deși COES stabilește modul în care se asigură coordonarea (Centrul de calcul este sub coordonarea directă a unui adjunct al ministrului, relațiile unităților de informatică cu ICI se derulează numai prin intermediul centrului de calcul coordonator), acesta nu este respectat întotdeauna: sînt înființate unități de informatică, se fac dotări cu tehnică de calcul fără avizul centrului de calcul coordonator.

4. Obiectivele activității de informatică în unitățile ministerului în perioada 1983—1985

1. Intensificarea eforturilor de proiectare în scopul realizării sistemelor prevăzute în planul de stat și departamental, urmărindu-se încadrarea în concepțiile cadru elaborate a sistemelor pentru conducerea de ansamblu a activității economice a întreprinderilor, centralelor, trusturilor; mutarea ponderii informatizării din domeniul evidenței în domeniul activității de bază; implicarea directă a compartimentelor utilizatoare în exploatarea aplicațiilor informatice prin prevederea și asigurarea lucrului în teleprelucrare.

2. Mutarea centrului de greutate al activității de realizare a sistemelor informatice în domeniul cercetării, proiectării, construcției și dării în funcțiune a sistemelor informatice de conducere cu calculatoare electronice a proceselor tehnologice din obiectivele energetice; finalizarea soluțiilor cadru pentru sistemele informatice din centrale, sisteme electrice de distribuție, sisteme de termoficare, amenajări hidroenergetice, corelat cu posibilitățile existente ale industriei de asigurare a sistemelor de calcul și echipamentelor de cuplare la proces; prevederea sistemelor informatice pentru conducerea proceselor tehnologice din obiectivele energetice în documentațiile tehnico-economice de investiții.

3. Darea în funcțiune, cît mai urgent, a sistemelor de calcul (mini și micro) cu care au fost dotate în ultimii 1 — 2 ani unitățile M.E.E., în configurația în care acestea au fost prevăzute în repartiții.

Folosirea rațională a capacităților de calcul medii-mari, trecîndu-se eventual la lucrul în 1 — 2 schimburi, pînă ce industria va putea asigura piese de schimb și materiale consumabile; renunțarea la volume mari de informații editate la imprimantă și utilizarea terminalelor pentru afișarea informației.

4. Intensificarea organizării de noi unități de informatică la noile unități (TCICNE, unități de electrocentrale) și reorganizarea majorității stațiilor de calcul în oficii de calcul: se are în vedere faptul că oficiile de calcul cu o structură mai largă de activități, răspund mai bine solicitărilor beneficiarilor (analiza, colaborare la proiectare, implementare) și permit desfășurarea activităților cu un număr de personal minim mai scăzut.

5. Pregătirea, pe linia policalificării, de personal propriu, capabil să elimine unele defecțiuni la echipamentele de calcul și pregătire date, care să suplinească lipsa de operativitate a IIRUC (în special la unitățile de informatică aflate mai departe de sediile IIRUC).

6. Elaborarea centralizată, la nivelul centralelor industriale și trusturilor, de aplicații cu caracter operativ pentru uzul întreprinderilor de rețele electrice, electrocentrale etc., exploatabile cu echipamente de calcul mini și micro.

7. Concentrarea personalului de proiectare la unele unități de informatică și stabilirea prin plan a aplicațiilor informatice noi sau a celor ce se reproiectează; generalizarea obligatorie a lucrărilor elaborate.

Interzicerea implementării de aplicații informatice în unități fără avizul forului tutelar (centrale industriale, trusturi).

8. Introducerea în practica curentă a proiectanților noilor obiective și dezvoltărilor importante ale obiectivelor energetice, a obligativității prevederii prin documentația tehnico-economică de investiții a sistemelor informatice pentru conducerea de ansamblu a unității economice, cît și pentru automatizarea și conducerea proceselor tehnologice și darea lor în funcțiune odată cu obiectivul respectiv.

9. Ridicarea pe o treaptă superioară a modului în care este asistată activitatea de studii, cercetare și proiectare de calculatorul electronic, accentuîndu-se preocupările de reorganizare a unor programe în pachete de programe care să satisfacă o întreagă problematică, trecerea la proiectarea interactivă utilizînd terminalele simple și grafice, pregătirea acțiunii de întocmire a pieselor desenate din proiecte folosind echipamente de desen automat.

10. Crearea cadrului organizatoric și introducerea tipizării în proiectarea sistemelor informatice, asigurîndu-se o creștere importantă a productivității muncii și deci implicit accele-

rîndu-se termenele de realizare a sistemelor informatice, indiferent de domeniul de aplicare a acestora.

11. Perfecționarea activității de coordonare, care, pe lîngă aspectul de îndrumare și control, trebuie să capete și un pronunțat caracter metodologic capabil să orienteze direcțiile de dezvoltare ale informaticii din minister și să vizeze utilizarea cît mai eficientă a resurselor alocate în acest scop în cadrul ministerului.

Conceptul sistemului informatic al ramurii energiei electrice și termice — SIREET

Ing. G. Grigoriu, ing. M. Ursu*

Sistemul informatic de conducere al ramurii energiei electrice și termice se realizează în cadrul amplei activități de perfecționare a sistemului informațional economico-social — prin introducerea mijloacelor automate de calcul — ce se desfășoară potrivit obiectivelor, orientărilor și direcțiilor stabilite de conducerea de partid și de stat.

Sistemul informatic respectiv, componentă a Sistemului Informatic Național (SIN), va constitui un instrument de conducere a ramurii energiei electrice și termice pentru creșterea eficienței economice a activităților productive și optimizarea proceselor tehnologice componente ale ramurii, utilizarea mai eficientă a resurselor materiale, umane și financiare afectate acesteia în cadrul economiei naționale.

1. Caracterizarea ramurii

Ramura energiei electrice și termice constituie un sistem tehnologic complex, care:

— este înzestrat cu o tehnică specifică (instalații și construcții pentru producerea, transportul și distribuția energiei electrice și termice);

— utilizează o tehnologie specifică (procese, metode, procedee, operații, regulamente și prescripții de exploatare folosite în scopul producerii, transportului și distribuției energiei electrice și termice);

— concentrează procesele tehnologice prin care se produce, transportă și distribuie energia electrică și termică în cantitățile, la parametrii și în locurile necesare economiei naționale.

În sfera producerii, transportului și distribuției energiei electrice și a producerii energiei termice în termoficare, ramura energiei electrice și termice se identifică aproape în totalitate, sub aspect tehnologic, cu Sistemul Electroenergetic Național.

Sistemul Electroenergetic Național prezintă unele caracteristici care-l fac să se diferențieze de alte sisteme tehnologice din economie și anume:

— Formează o unitate tehnică de exploatare care cuprinde întreg teritoriul țării, cu un regim comun de funcționare pentru ansamblurile de instalații ce compun sistemul (centrale electrice, rețele electrice de transport și distribuție, receptoare de energie electrică conectate la rețele electrice, rețele de termoficare și receptoare de energie termică racordate la acestea). Este condus în mod operativ și centralizat prin dispecerul energetic. În Sistemul Electroenergetic Național se desfășoară un proces de producție continuu, potrivit cerințelor consumatorilor. Sistemul Electroenergetic Național dispune de o rezervă de capacitate comună ansamblurilor de instalații ce-l compun și funcționează interconectat cu sistemele electroenergetice ale altor țări.

— Funcționarea Sistemului Electroenergetic Național la parametrii economici optimi și asigurarea unui înalt grad de siguranță în alimentarea consumatorilor sînt determinate în mod permanent de utilizarea și comportarea, în condiții prestabilite, a elementelor componente ale acestuia: centrală, stație, linie, consumator etc.

Între producătorul, distribuitorul și consumatorul de energie se stabilesc relații permanente, cu un pronunțat caracter tehnic, determinate de conținutul activităților de gospodărire a energiei electrice și termice, precum și de existența unui regim comun în funcționare pentru elementele componente ale sistemului electroenergetic.

Caracteristicile tehnologice cu implicații majore asupra conducerii sistemului Electroenergetic Național și în consecință și asupra conducerii ramurii energiei electrice și termice, sînt:

— efectuarea unui schimb important de informații între factorii ce concură la organizarea și conducerea funcționării sistemului electroenergetic în ansamblul său. Dezvoltarea continuă a Sistemului Electroenergetic Național și creșterea complexității problemelor cu care acesta este confruntat impun, pe de o parte, apelarea unui volum mereu sporit de

* G. Grigoriu și M. Ursu sînt analiști principali gradul 1, respectiv gradul 2 la Centrul de Calcul Electronic al Institutului de Studii și Proiectări Energetice -București.

informații, în vederea luării unor decizii cu minimum de risc, iar, pe de altă parte, necesitatea ca accesul la informații să fie cît mai rapid, pentru a face posibilă luarea deciziilor în timp util;

— limitarea competențelor conducerii unităților care gestionează instalațiile tehnologice în ceea ce privește stabilirea disponibilității și a regimului de funcționare a acestora (în raport cu importanța instalațiilor este prioritară decizia luată pe linia comenzii optime prin dispecer);

— consumul de resurse, cu excepția combustibilului, cît și valoarea unor indicatori de plan și economico-financiari pe ansamblul ramurii sînt dependente de volumul, structura și nivelul tehnic al instalațiilor tehnologice și în mai mică măsură de volumul producției de energie electrică și termică.

Conexiunile ramurii energiei electrice și termice (interdependente, condiționări, legături) cu celelalte ramuri și activități se realizează la nivelul economiei naționale și se concretizează în balanțele și indicatorii de plan, precum și indicatorii statistici.

În cadrul balanțelor materiale activitatea ramurii energiei electrice și termice se reflectă în balanțele de energie electrică și termică al căror cordonator este Ministerul Energiei Electrice și în care sînt cuprinse cantitățile de energie electrică și termică ce urmează a fi asigurate pentru celelalte ramuri și activități din economie.

Prin celelalte balanțe materiale (combustibili, materiale, mașini și utilaje) se stabilesc resursele materiale care trebuie asigurate de către alte ramuri ale economiei pentru ramura energiei electrice și termice.

Prin balanța forței de muncă și planul financiar, care se elaborează la nivelul economiei naționale și se desfășoară în profil departamental, de ramură și teritorial,ramurii energiei electrice și termice i se afectează forța de muncă și respectiv mijloacele financiare necesare realizării sarcinilor de plan.

2. Definirea și problematica sistemului informatic

Plecînd de la domeniile de activitate specifice ramurii energiei electrice, corespunzător specializării producției în cadrul economiei naționale și nivelului la care se situează în prezent tehnica și tehnologia ramurii — și avînd în vedere activitățile informațional-decizionale prin care se realizează conducerea acesteia, pentru ramura energiei electrice și termice se identifică următoarele macroactivități:

— planificarea producției și dezvoltarea ramurii;

— producerea energiei electrice în centralele hidroelectrice;

— producerea energiei electrice și a energiei termice în centralele termoelectrice și centralele electrice de termoficare;

— transportul și distribuția energiei electrice;

— conducerea operativă prin dispecer a sistemului electroenergetic național;

— producerea energiei termice în centralele termice;

— transportul și distribuția energiei termice;

— gospodărirea energiei electrice și termice la nivelul consumatorilor de energie;

— asigurarea resurselor pentru producția și dezvoltarea ramurii.

La rîndul lor, aceste macroactivități grupează activități de producție materială, servicii productive, procese tehnologice și activități informațional -decizionale.

Determinat de localizarea în profil departamental și teritorial a sistemului condus și a sistemului de conducere, sistemul informațional al ramurii se desfășoară de la nivelul organelor centrale (de sinteză) pe economie pînă la nivelul unităților tehnice de exploatare și al consumatorilor de energie electrică și termică.

Ramura energiei electrice și termice, luată în ansamblu, nu-și are corespondent într-o structură organizatorică care să o deservească în exclusivitate și, în consecință, sistemul informațional al ramurii reprezintă o sumă de fluxuri informaționale pe verticala decizională, orientate pe problematici și în unele cazuri pe atribuții, cu întinderi variabile între diferitele verigi ale lanțului decizional; pe plan orizontal, corespunzător unei trepte de organizare (organ central de sinteză, departament, centrală, întreprindere), fluxurile informaționale constituie componente integrate ale sistemelor informaționale ale acestor trepte.

Constituind o componentă a perfecționării sistemului informațional, sistemul informatic concură la realizarea obictivelor ramurii energiei electrice și termice, asigurînd: o nouă calitate informației furnizate factorilor de decizie; obiectivizarea informației; operativitate în recepționarea informației, luarea și transmiterea deciziei; completitudinea informației care permite o analiză obiectivă a fenomenelor și proceselor economice și tehnice, determinarea factorilor de influență; manevrabilitate în luarea deciziilor la schimbări ale factorilor de influență.

Sistemul informatic de conducere al ramurii este constituit dintr-un ansamblu de subsisteme (înfășurătoare de aplicații informatice pe un domeniu de activitate al ramurii), care utilizează în comun o bază de date proprie.

În raport cu celelalte ramuri ale industriei sau ale economiei din sfera producției materiale, conducerea ramurii energiei electrice și

termice prezintă aspecte comune determinate de activităţile informaţional-decizionale cu caracter general pe economia naţională (conexiunile cu celelalte ramuri din sfera producţiei materiale pe diverse nivele decizionale, precum şi conexiunile cu organele centrale de sinteză pe economie). Determinat de particularităţile producţiei, producerea, transportul şi distribuţia energiei electrice şi termice în cadrul sistemului electroenergetic naţional, conducerea ramurii prezintă aspecte specifice, care se reflectă şi în modul de organizare şi funcţionare a sistemului informatic de conducere. Principalul aspect specific al conducerii ramurii energiei electrice şi termice îl reprezintă integrarea organică pe toată verticala decizională (unitate tehnică de exploatare-întreprindere-centrală industrială-minister) a componentei conducerii proceselor tehnologice în sistemul informatic.

În perspectivă, în baza evaluărilor făcute în ceea ce priveşte mutaţiile ce vor avea loc la nivelul tehnicii şi tehnologiei ramurii, se apreciază că dezvoltarea componentei de conducere a proceselor tehnologice va determina condiţiile şi va modela construcţia şi funcţionarea ansamblului sistemului informatic de conducere al ramurii.

Funcţie de nivelul de asigurare a condiţiilor necesare (realizarea unui sistem unitar de modele şi metode, precum şi a fondului de date aferent, pentru conducerea ramurii, asigurarea unui nivel corespunzător de pregătire şi disciplinare a personalului implicat în fundamentarea şi luarea deciziilor, realizarea unor dotări cu tehnică specifică, afectarea unor mijloace financiare, crearea cadrului organizatoric adecvat, pe de o parte, şi a posibilităţilor oferite de informatică, pe de altă parte, proiectarea, construcţia şi darea în funcţiune a SIREET are în vedere atingerea succesivă a următoarelor grade calitative de implicare a informaticii în conducerea ramurii:

A. Informarea la un nivel calitativ superior a conducerii ramurii, pe toate treptele de decizie, punînd la dispoziţia acesteia informaţii cu un nivel mediu de elaborare (corelare), care se referă atit la laturile tehnice, cit şi la cele economice ale activităţilor şi proceselor. Creşterea nivelului calitativ al informării conducerii va fi însoţită, şi implicit determinată, şi de creşterea masivă a volumului evidenţelor şi calculelor rutiniere preluate de sistemele de prelucrare automată a datelor.

B. Asistarea conducerii în pregătirea, elaborarea şi fundamentarea deciziilor, informatica preluînd şi funcţiuni de analiză tehnico-economică pe domenii de activitate şi categorii de procese (efectuarea de calcule pentru evaluări de variante de parametri sau indicatori sintetici; depistarea informaţiei de excepţie; evidenţierea şi evaluarea de tendinţe, corelaţii, conexiuni cauzale, efecte etc.).

C. Integrarea informaticii în conducerea ramurii prin dezvoltarea intensivă (creşterea gradului de complexitate a informaţiei elaborate) şi extensivă (creşterea ariei de cuprindere şi corelare a activităţilor şi proceselor) a asistării conducerii în pregătirea, elaborarea şi fundamentarea deciziilor. Modelarea şi simularea comportamentului ramurii în raport cu influenţa diferiţilor factori din spaţiul economiei naţionale, constituie unul din obiectivele principale ale acestei etape, ele permiţînd testarea diferitelor variante de decizii şi prognozarea evoluţiilor; procesul de elaborare a deciziilor capătă, astfel, caracter experimental preventiv şi interactiv. De asemenea, la nivelul acestei etape informatica va asista conducerea ramurii în privinţa realizării corelării şi continuităţii orizonturilor de conducere strategică, tactică şi operativă, a conducerii tehnice şi a proceselor tehnologice cu conducerea economică, a funcţiunilor conducerii (analiză-prongoză-plan comandă-control), a nivelurilor de conducere, precum şi a fazelor ciclului energetic (producţie-stocare-transport-distribuţie-utilizare-recuperare). În raport cu dinamismul structruilor organizatorice şi teritoriale şi al mecanismului economico-financiar, informatica va prelua, de asemenea, rolul de asistare a continuităţii analizei tehnico-economice a ramurii în funcţie de structura bazei tehnico-materiale a acesteia, de suport al unei continuităţi a conducerii tehnice în condiţiile mutaţiilor din organizare şi conducerea economică.

Delimitarea şi structurarea sistemului informatic al ramurii ţine seama de următoarele elemente:

— posibilitatea localizării informaţiei tratate în cadrul sistemului în profil departamental, de ramură şi teritorial;

— structurarea pe sisteme care să-şi aibă corespondent în activităţile specifice ramurii;

— construirea sistemelor componente pe verticala decizională (organ central de sinteză — organ coordonator de ramură — organe centrale din economia naţională — centrale industriale — întreprinderi — unităţi tehnice de exploatare în profilul ramurii — consumatori) şi avînd întinderi variabile şi grade diferenţiate de elaborare a informaţiei în raport cu treptele decizionale. Realizarea pe verticală a sistemelor componente va asigura unicitatea informaţiei primare emise de la surse, uniformizarea informaţiei vehiculate între diferitele niveluri ale sistemului informaţional-decizional şi generalizarea unor aceloraşi produse software în toate unităţile implicate;

— constituirea pe orizontală (minister, centrală industrială, întreprindere, unitate tehnică de exploatare) a unei componente distincte şi unitare de ramură, care se integrează organic

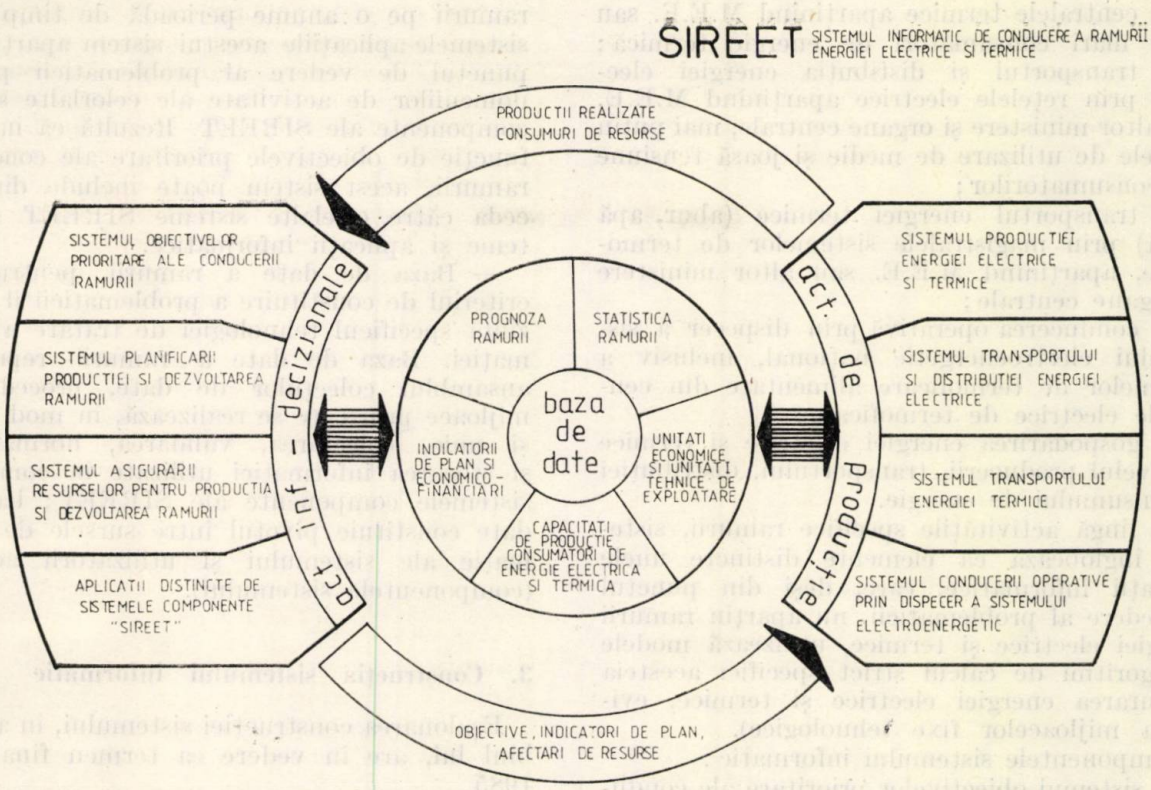


Fig. 1. SIREET — Sistemul informatic de conducere a ramurii energiei electrice și termice.

în sistemul informatic de conducere al nivelului respectiv de organizare. Pe lîngă componenta de ramură, componentă determinantă pentru unitățile cu activitate preponderentă în profilul ramurii, sistemele informatice de conducere ale unităților includ subsisteme-aplicații, aparținînd, din punctul de vedere al problematicii, altor ramuri și activități comune din economia națională (construcții-montaj, construcții de mașini, proiectare, învățămînt, aprovizionare tehnico-materială, personal-retribuire, financiar-contabil);

— stabilirea ariei de cuprindere pentru activitățile specifice ramurii asigurate de Ministerul Energiei Electrice, impunînd condițiile de interfață organelor centrale din economie și consumatorilor (pentru activitățile ce decurg din exercitarea atribuțiilor M.E.E. pe linia coordonării ramurii) și preluînd condițiile de interfață de la organele de sinteză pe economie. De asemenea, se impun condițiile de interfață între componenta de ramură și celelalte componente ale sistemelor informatice de conducere de la diferitele niveluri de organizare (întreprindere, centrală industrială, minister);

— preluarea, integrarea și utilizarea sistemelor de clasificare-codificare generalizate pe economie (SIRUES, SIRUTA, CUPS-Clasificare generală). Realizarea și utilizarea de sisteme proprii de clasificare-codificare acolo unde acestea nu există sau nu este cazul să fie elaborate la nivelul economiei (sistemul unitar de clasificare-codificare a instalațiilor-construcțiilor tehnologice și consumatorilor, nomenclatorul de consumuri specifice de resurse, nomenclatorul de piese de schimb și materiale specifice);

— valorificarea, prin adaptare și integrare a aplicațiilor în funcțiune sau în curs de implementare-proiectare, care se înscriu în problematica sistemului informatic de ramură;

— realizarea unei dotări proprii cu tehnică de calcul, în condițiile folosirii eficiente a dotărilor existente și viitoare pe plan național, care să utilizeze procedee evoluate de tratare a informației și să asigure preluarea și utilizarea în conducerea ansamblului ramurii a informației colectate în mod automat prin sistemul teleinformatic al conducerii operative prin dispecer a sistemului energetic național.

Determinat de condițiile și limitele stabilite, pentru sistemul informatic de conducere a ramurii energiei electrice și termice „SIREET" se au în vedere aria de cuprindere și structurarea (componentele) menționate în continuare.

Aria de cuprindere: ansamblul activităților de producție și informațional-decizionale care concură la:

— producerea energiei electrice în centralele hidro și termoelectrice aparținînd M.E.E. sau altor ministere și organe centrale;

— producerea energiei termice în centralele electrice de termoficare aparținînd M.E.E. sau altor ministere și organe centrale, precum

și în centralele termice aparținînd M.E.E. sau unor mari consumatori de energie termică;

— transportul și distibuția energiei electrice prin rețelele electrice aparținînd M.E.E. sau altor ministere și organe centrale, mai puțin rețelele de utilizare de medie și joasă tensiune ale consumatorilor;

— transportul energiei termice (abur, apă caldă) prin magistralele sistemelor de termoficare, aparținînd M.E.E. sau altor ministere și organe centrale;

— conducerea operativă prin dispecer a sistemului electroenergetic național, inclusiv a sistemelor de termoficare alimentate din centralele electrice de termoficare;

— gospodărirea energiei electrice și termice la nivelul producerii, transportului, distribuției și consumului de energie.

Pe lîngă activitățile specifice ramurii, sistemul înglobează ca elemente distincte unele aplicații informatice, care, deși din punctul de vedere al problematicii, nu aparțin ramurii energiei electrice și termice, utilizează modele și algoritmi de calcul strict specifici acesteia (facturarea energiei electrice și termice, evidența mijloacelor fixe tehnologice).

Componentele sistemului informatic:

— sistemul obiectivelor prioritare ale conducerii ramurii;

— sistemul planificării producției și dezvoltării ramurii;

— sistemul producției de energie electrică și termică;

— sistemul transportului și distribuției energiei electrice;

— sistemul transportului energiei termice;

— sistemul conducerii operative prin dispecer a sistemului electroenergetic național;

— sistemul asigurării resurselor pentru producția și dezvoltarea ramurii;

— aplicații, care aparțin, din punctul de vedere al problematicii, altor ramuri, însă utilizează modele și algoritmi de calcul strict specifici ramurii energiei electrice și termice;

— baza de date a ramurii energiei electrice și termice.

În general, o componentă (sistem) a SIREET grupează problematica unui singur domeniu sau mai multor domenii înrudite de activitate specifice ramurii (de producție sau informațional-decizionale). Această organizare a SIREET are la bază structurarea sistemelor componente pe domenii specifice de activitate. De la acest principiu fac excepție două componente ale SIREET pentru care constituirea problematicii (obiectul sistemului) s-a făcut în baza altor criterii:

— Sistemul obiectivelor prioritare ale conducerii ramurii, pentru care criteriul de constituire a problematicii îl reprezintă gruparea acelor subsisteme și aplicații informatice care privesc obiectivele prioritare ale conducerii ramurii pe o anume perioadă de timp; subsistemele-aplicațiile acestui sistem aparțin, din punctul de vedere al problematicii proprii, domeniilor de activitate ale celorlalte sisteme componente ale SIREET. Rezultă că în timp, funcție de obiectivele prioritare ale conducerii ramurii, acest sistem poate include din, sau ceda către, celelalte sisteme SIREET subsisteme și aplicații informatice.

— Baza de date a ramurii, pentru care criteriul de constituire a problematicii îl reprezintă specificul tehnologiei de tratare a informației. Baza de date a ramurii reprezintă ansamblul colecțiilor de date, proceduri și mijloace prin care se realizează, în mod unitar și unic, colectarea, validarea, normalizarea și stocarea informației utilizate în comun de sistemele componente ale SIREET; baza de date constituie pivotul între sursele de informație ale sistemului și utilizatorii acesteia (componentele sistemului).

3. Construcția sistemului informatic

Eșalonarea construcției sistemului, în ansamblul lui, are în vedere ca termen final anul 1985.

Construcția sistemului (proiectarea, implementarea și darea în funcțiune pe sisteme, subsisteme și aplicații componente) la termenul avut în vedere comportă mijloace financiare necesare activității de proiectare-implementare, precum și implicarea factorilor responsabili de la nivelul ministerului și centralelor industriale pentru darea în funcțiune și asigurarea continuității funcționării acestuia.

Construcția și darea în funcțiune eșalonată (în timp, pe componente și trepte decizionale) implică instituționalizarea unui sistem, impus prin autoritatea conducerii ministerului, de legiferare a circuitelor informaționale nou introduse (sursele de informație, beneficiarii informației elaborate), atribuire a responsabilității prelucrării automate a datelor (colectare, validare, stocare, difuzare) și acoperire a cheltuielilor determinate de exploatarea sistemului.

Proiectarea și implementarea sistemului pe componente se realizează sub coordonarea proiectantului general, Centrul de Calcul Electronic — I.S.P.E., cu participarea nemijlocită a direcțiilor din minister, centralelor industriale și DEN. Proiectarea și implementarea efectivă a sistemului va fi asigurată, ținînd seama de potențialele existente în prezent, de către Centrul de Calcul Electronic — I.S.P.E. în conborare cu alte unități de informatică.

De la elaborarea proiectului tehnic și pînă la darea în funcțiune se are în vedere asigurarea unei responsabilități unice (pe partea de proiectare) la nivel de sistem component al SIREET.

Baza de date tehnico-economice la nivel de centrală industrială Concepţia sistemului TECOR realizat. Perspective de extindere şi dezvoltare

Ing. Sanda Felea, mat. Magdalena Cuciureanu, ing. Al. Emanoil, ing. Em. Luca, ing. D. Teodorescu, ec. Fulga Ştefănescu *

1. Obiective urmărite. Probleme abordate şi soluţionate

Preocupările privind realizarea bazei de date tehnico-economice la nivelul centralelor industriale din ramura energiei electrice şi termice au fost abordate în cadrul Laboratorului de prognoză, informatică, conducere şi economie energetică din ICEMENERG începînd din anul 1978. Ansamblul de lucrări efectuate în acest domeniu, a fost realizat din iniţiativa, cu sprijinul şi colaborarea compartimentelor plan şi a Oficiilor de Calcul din cadrul centralelor industriale C.I.R.E. şi C.I.P.E.E.T. Obiectivul urmărit a constat în elaborarea metodelor, soluţiilor şi instrumentelor informatice necesare pentru perfecţionarea sistemului de asigurare cu date şi informaţii privind indicatorii tehnico-economici utilizaţi în activităţile de planificare—urmărire—raportare la nivelul centralelor industriale.

Elaborarea soluţiilor şi realizarea bazei de date tehnico-economice la nivelul centralelor industriale au impus abordarea şi soluţionarea, în cadrul cercetării, într-o concepţie unitară, a unor aspecte variate, de profil economic, energetic şi informatic, referitoare la :

— conţinutul şi structura sistemului de indicatori tehnico-economici care caracterizează activitatea de transport şi distribuţie a energiei electrice, ca ramură a industriei, în cadrul sistemului unitar de indicatori pe economie, precum şi a indicatorilor specifici acestei activităţi ;

— sistemul informaţional, metodele şi tehnicile de validare, prelucrare, arhivare şi utilizare a indicatorilor tehnico-economici analizaţi ;

— concepţia de realizare şi fezabilitatea unui sistem de prelucrare, stocare şi regăsire automată a datelor privind indicatorii tehnico-economici ;

— elaborarea soluţiilor, proiectarea şi realizarea sistemului de baze de date şi proceduri de exploatare TECOR, produs informatic destinat gestiunii indicatorilor tehnico-economici, aferenţi activităţii plan, din cadrul centralei industriale ;

— implementarea şi verificarea în exploatare experimentală a sistemului realizat, integrarea acestuia în activitatea curentă şi sistemul informaţional al centralei industriale ;

— evaluarea rezultatelor obţinute şi perfecţionarea, pe această bază, a soluţiilor şi produselor-program elaborate.

Procesul de implementare-experimentare, a sistemului TECOR, s-a desfăşurat pe întreg parcursul lucrării, pe măsura realizării diferitelor componente ale sistemului, prin utilizarea acestora pentru realizarea unor aplicaţii concrete necesare compartimentelor beneficiare din cadrul centralelor industriale.

2. Prezentarea sistemului TECOR realizat

2.1. Obiective. Aria de aplicabilitate

Sistemul de proceduri şi baze de date TECOR este destinat gestionării şi prelucrării ansamblului de date şi informaţii cuprinse în sistemul de raportare a indicatorilor tehnico-economici, în scopul utilizării eficiente a acestora pentru : informarea operativă a conducerii, urmărirea îndeplinirii planurilor, elaborarea raportărilor şi a dărilor de seamă statistice, pregătirea informaţiilor necesare pentru elaborarea unor analize tehnico-economice şi a unor studii de prognoză şi pentru fundamentarea unor decizii, la nivelul Centralei Industriale de Reţele Electrice.

Conceput pentru a satisface cerinţele compartimentelor de plan din centralele industriale din ramura energiei electrice şi termice, implementat şi exploatat experimental la C.I.R.E. (versiunea TECOR) şi la C.I.P.E.E.T. (versiunea TECOP) sistemul poate fi utilizat pentru gestiunea şi prelucrarea indicatorilor tehnico-economici pentru ansamblul activităţilor din cadrul centralelor industriale ale ramurii.

Prin extinderea şi/sau adaptarea conţinutului informaţional şi, eventual, a funcţiunilor de prelucrare realizate, sistemul poate fi utilizat şi în cadrul altor unităţi din cadrul M.E.E., precum şi la nivelul ramurii în ansamblu.

2.2. Funcţiuni. Categorii de intrări şi ieşiri

Funcţiunile şi principalele categorii şi modalităţi de intrare-ieşire ale sistemului TECOR sînt prezentate în figura 1.

Prelucrarea datelor din raportările zilnice operative

Preluarea, validarea şi corectarea datelor, precum şi urmărirea situaţiei raportărilor transmise telefonic de la întreprinderi se realizează

* ing. Sanda Felea, mat. Magdalena Cuciureanu, ing. Al Emanoil sînt cercetători ştiinţifici principali la ICEMENERG ; ing. Emil Luca este director adjunct al DPD — M.E.E. ; ing. D. Teodorescu este şeful Oficiului de calcul — C.I.R.E. ; ec. Fulga Ştefănescu lucrează la compartimentul plan — — C.I.R.E.

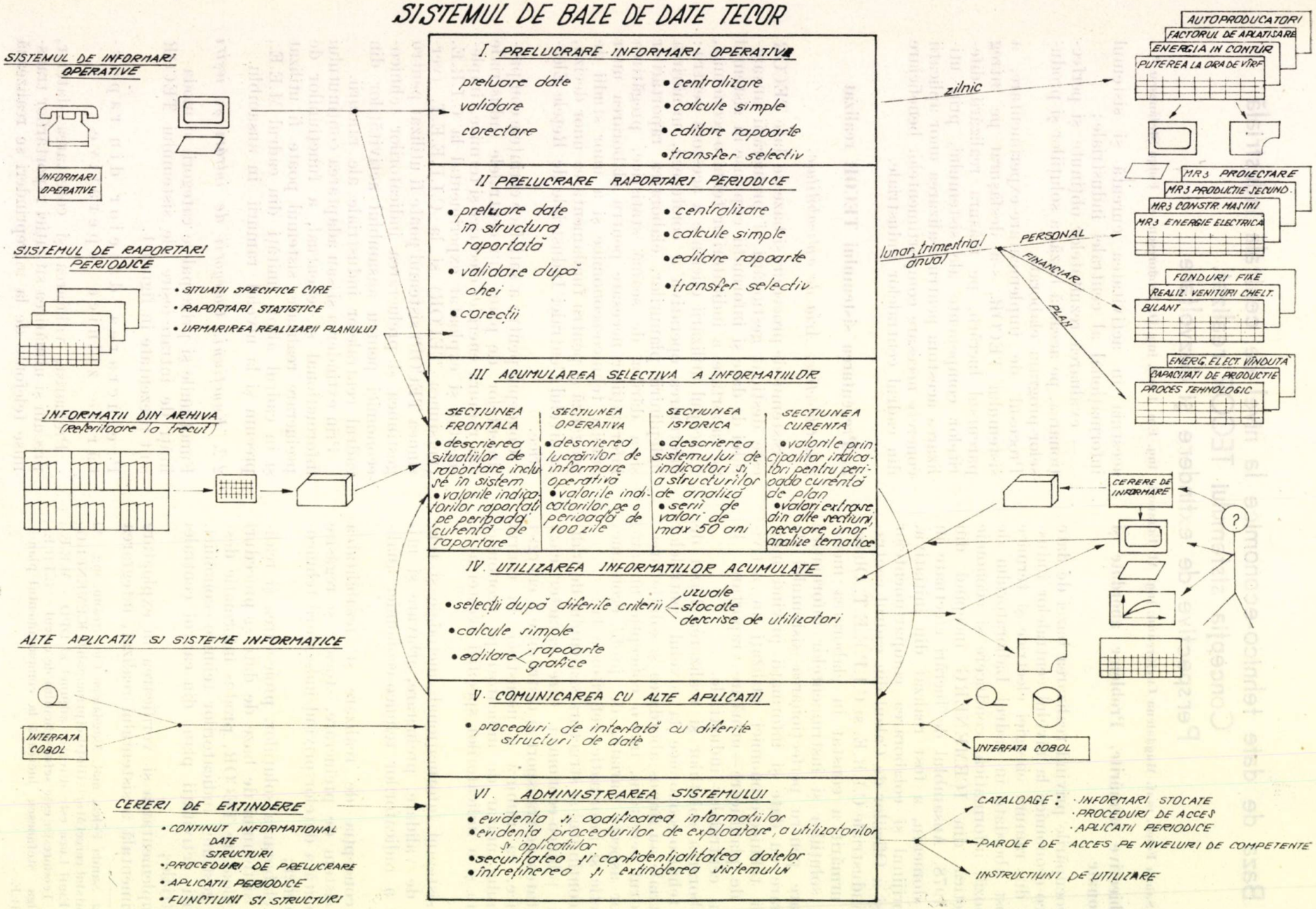


Fig. 1. Structura funcţională a sistemului de baze de date TECOR.

în regim conversațional, prin intermediul unui terminal cu ecran. Rapoartele de ieșire necesare se obțin pe terminal și la imprimantă, după efectuarea automată a operațiilor de prelucrare și centralizare necesare.

Prelucrarea raportărilor periodice

Datele din raportările și dările de seamă lunare, trimestriale, anuale sînt preluate pe cartele, direct din formularele transmise de întreprinderi. Operațiile de validare după chei și de corectare a refuzurilor pot fi realizate atît în regim conversațional, cît și în regim de prelucrare pe loturi. Rapoartele centralizatoare se obțin la imprimantă, după efectuarea automată a prelucrărilor necesare.

Acumularea selectivă, stocarea și întreținerea informațiilor stocate

Sistemul TECOR asigură stocarea și întreținerea următoarelor categorii de date:

— Valori de indicatori. Sînt stocate și este asigurată acumularea selectivă de serii de valori pentru principalii indicatori tehnico-economici la nivelul centralei industriale, precum și valori defalcate în diferite structuri de analiză specifice sistemului de planificare—urmărire—raportare.

— Descrieri ale elementelor structurilor și relațiilor specifice sistemului de planificare—urmărire—raportare; sistemul de indicatori (liste și caracteristici ale indicatorilor, relații de calcul, relații de structură—conexiuni, grupări), sistemul de documente de raportare (liste, caracteristici descriptive, relații de structură, relații de calcul, chei de validare), sistemul de structuri de defalcare a indicatorilor pentru planificare și analiză: structura economico-administrativă, structura teritorială, structura temporală (liste, caracteristici descriptive, relații de structură), precum și sistemul de structuri de analiză uzuale (structuri de rapoarte și reprezentări grafice, relații de calcul, grupări și conexiuni între indicatori).

Utilizarea informațiilor acumulate

Toate categoriile de date stocate pot fi consultate prin proceduri de acces adaptate la limbajul și cerințele de selecție și prelucrare ale utilizatorilor.

Utilizatorul poate să formuleze opțiuni privind criteriile de selecție a datelor, relațiile de calcul dorite și formele de editare a datelor și rezultatelor, prin intermediul unui terminal, în regim conversațional, precum și prin intermediul unui formular specializat de cereri, în regim de prelucrare pe loturi. Procedurile de utilizare a datelor permit realizarea de selecții după mai multe criterii, efectuarea de calcule simple, editarea de diferite tipuri de rapoarte și reprezentări grafice.

Comunicarea cu alte sisteme și aplicații

Datele și informațiile descrise în cadrul sistemului TECOR pot fi extrase sau introduse în sistem prin intermediul unor proceduri de interfață.

Administrarea sistemului

Proceduri speciale asigură editarea de liste și cataloage pentru diferitele categorii de informații stocate, precum și alte categorii de informații utile pentru administrarea sistemului.

2.3. Structură

Elemente componente

Sistemul TECOR este constituit (fig. 2) din secțiuni (operativă, frontală, curentă și istorică) interconectate prin intermediul unor proceduri de comunicare, care asigură transferul de date între secțiuni, pe de o parte, și cu exteriorul sistemului, pe de altă parte. Fiecare dintre secțiuni este adaptată unor cerințe specifice de stocare și prelucrare a datelor, cuprinde o bază de date și un pachet de proceduri de exploatare propriu și poate fi implementată și exploatată în mod independent.

Secțiuni

— Secțiunea frontală este destinată în principal: prelucrării raportărilor periodice, gestiunii sistemului de documente tipizate pentru raportare, stocării valorilor indicatorilor raportați și calculați pe durata unei perioade de raportare, efectuării unor operații simple de calcul, extragerii informațiilor pentru transferul valorilor stocate în alte secțiuni ale sistemului TECOR sau în/din alte aplicații și sisteme informatice. Ansamblul de date și informații cuprinse în secțiunea frontală sînt stocate în baza de date TECOR BF, iar operațiile de prelucrare sînt realizate prin pachetul de proceduri de exploatare VALINRAP.

— Secțiunea operativă este destinată, în principal, prelucrării în timp real a datelor raportate zilnic pentru informarea operativă a conducerii, gestiunii sistemului de rapoarte operative, stocării valorilor indicatorilor raportați și a celor derivați. Perioada de retenție a valorilor stocate este de maximum 100 zile (pentru valorile zilnice), 45 decade (pentru indicatorii derivați și infordecadali) și 15 luni (pentru indicatorii cumulați lunar). Datele și informațiile cuprinse în secțiunea operativă sînt stocate în baza de date TECOR CV, iar operațiile de prelucrare sînt realizate prin pachetul de proceduri de exploatare DIATECOR.

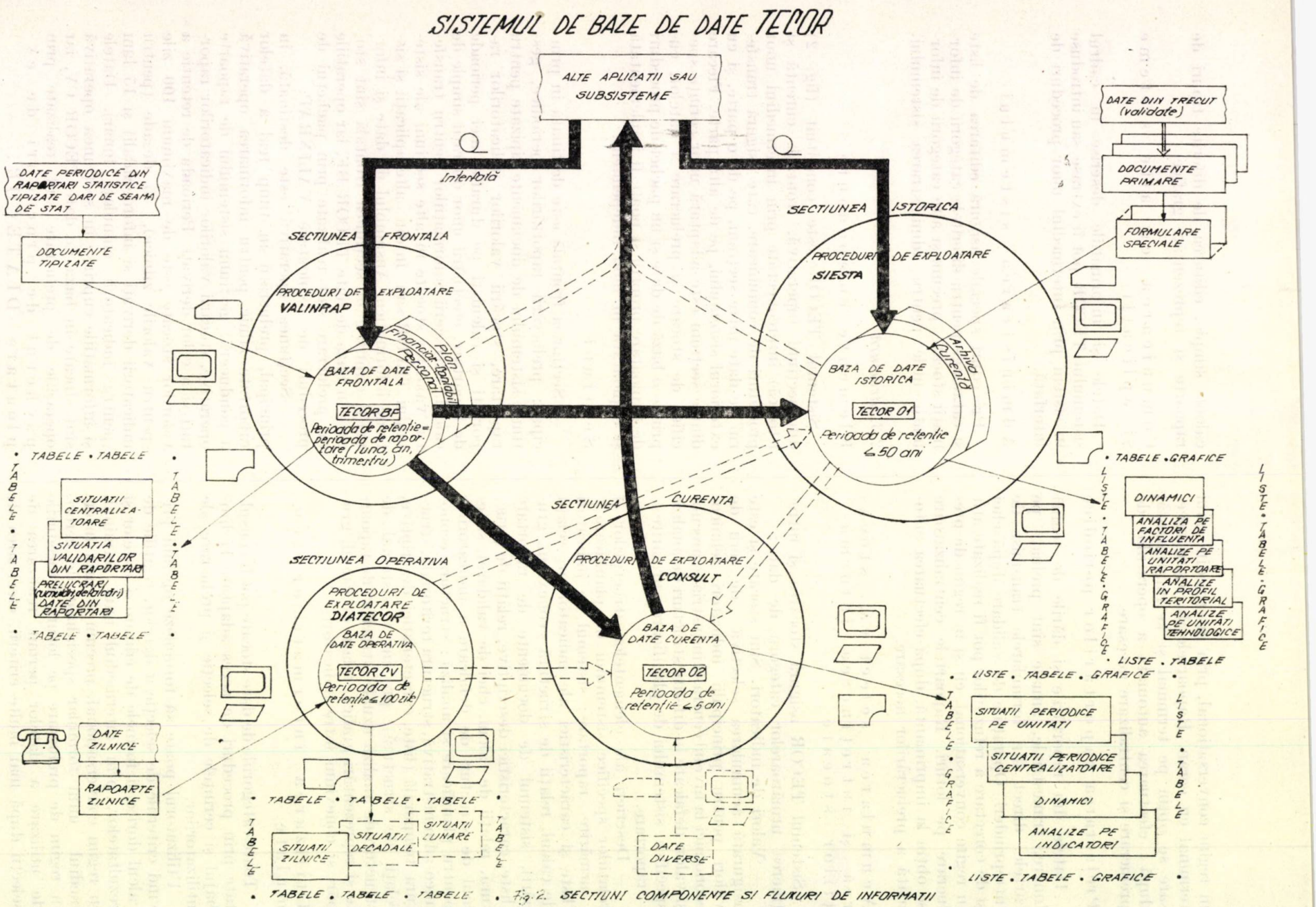


Fig. 2. Secţiuni componente şi fluxuri de informaţii ale sistemului de baze de date TECOR.

— Secțiunea istorică este destinată acumulării și utilizării unor serii de valori ale indicatorilor tehnico-economici, defalcate pe principalele structuri de analiză utilizate în sistemul de planificare-raportare. Secțiunea cuprinde descrierea sistemului de indicatori și a relațiilor structurale și de calcul dintre aceștia, descrierea structurilor de defalcare (temporală, economico-administrativă, teritorială, tehnologico-energetică), precum și a unor structuri de analiză (rapoarte, grafice) adecvate specificului problemelor de analiză tehnico-economică și de conducere. Perioada de retenție a datelor este de maximum 50 ani. Structurile, relațiile de calcul și valorile aferente secțiunii sînt stocate în baza de date TECOR 01, iar funcțiunile de utilizare și extindere a conținutului informațional sînt realizate prin pachetul de proceduri de exploatare SIESTA.

— Secțiunea curentă este destinată, în principal, informării în regim conversațional asupra valorilor indicatorilor din perioada curentă, de plan (anual, cincinal). Valorile indicatorilor stocate în secțiunea curentă sînt actualizate la fiecare perioadă de raportare, prin transferul acestora din secțiunea frontală a sistemului TECOR. Perioada de retenție a datelor este de 5 ani. Pentru stocarea datelor secțiunea curentă utilizează baza de date TECOR 02, iar funcțiunile de utilizare a datelor prin intermediul unui terminal cu tub catodic de tip DAF sînt realizate prin pachetul de programe CONSULT.

Principalele categorii de informații stocate în bazele de date utilizate în diferitele secțiuni ale sistemului, precum și soluția utilizată pentru structurarea datelor sînt prezentate în figura 3, în care sînt figurate entitățile descrise și legăturile dintre acestea, sub forma unei diagrame de tip Bachman.

2.4. Limbaje și resurse software utilizate

Pentru gestiunea bazelor de date ale sistemului TECOR a fost utilizat SGBD Socrate versiunea 1.5.

Procedurile de exploatare au fost realizate utilizîndu-se limbajele SOCRATE și COBOL. Limbajul COBOL a fost utilizat pentru realizarea de proceduri pentru încărcare/actualizare a datelor, precum și pentru extragerea datelor în scopul asigurării posibilităților de comunicare între baza de date tehnico-economică și alte sisteme de aplicații informatice. Accesul la date este realizat prin intermediul interfeței COBOL a SGBD-SOCRATE.

3. Principalele calități funcționale și tehnice ale sistemului TECOR realizat

O atenție deosebită a fost acordată pe parcursul tuturor etapelor de realizare a sistemului TECOR, de la analiza de sistem și elaborarea concepției de realizare pînă la verificarea experimentală și în exploatare a soluțiilor elaborate, problemelor definirii corecte și realizării practice, în cadrul sistemului TECOR, a acelor calități funcționale și tehnice care să asigure satisfacerea cerințelor de utilizare eficientă a bazei de date tehnico-economice în activitatea curentă a centralei industriale, atît în prezent, cît și în perspectivă.

În continuare sînt enumerate unele dintre calitățile funcționale și tehnice ale sistemului TECOR, precum și informații asupra modului în care acestea au fost realizate în practică.

a. Maleabilitate în adaptarea la modificările de structură și conținut a informației stocate în baza de date, și anume, în adaptarea la:

— modificările rezultate ca urmare a perfecționării permanente a sistemului de indicatori, a conținutului indicatorilor și a metodologiei de calcul specifice sistemului de raportare a indicatorilor tehnico-economici;

— particularitățile specifice (formă de exprimare, perioadă și structură de raportare, relații de validare și de calcul etc.) diferitelor categorii de indicatori tehnico-economici din sistemul de urmărire, raportare, analiză utilizat în cadrul centralei industriale;

— perfecționarea permanentă a structurilor organizatorice, precum și a sistemului informațional din cadrul centralelor, precum și la nivelul economiei naționale.

Soluția de reprezentare și structurare a datelor în cadrul bazelor de date ale sistemului TECOR a fost astfel concepută încît să permită actualizarea unora dintre structurile specifice de descriere a sistemului de indicatori tehnico-economici, fără a afecta, prin aceasta, validitatea și coerența datelor referitoare la trecut. Proceduri automate speciale asigură, la nevoie, realizarea operațiilor de actualizare necesare. Pot fi tratate astfel modificări ale structurii organizatorice, ale structurii și conținutului sistemului de indicatori, modificări ale relațiilor structurale de calcul și de validare, structura setului de documente primare de intrare, structura rapoartelor de ieșire etc.

b. Adaptabilitatea la dinamica și diversitatea cerințelor de utilizare ale bazei de date tehnico-economice

Adaptarea la cerințele de utilizare diverse, specifice diferitelor compartimente beneficiare, precum și posibilitatea de extindere a funcțiilor de utilizare a datelor este asigurată, în cadrul sistemului TECOR, prin structura modulară, extensibilă a pachetelor de proceduri de exploatare. Procedurile de exploatare sînt parametrizate, ceea ce permite realizarea unei multitudini de variante de exploatare pentru fiecare funcțiune realizată.

c. Integrarea în sistemul informațional existent în cadrul centralei industriale

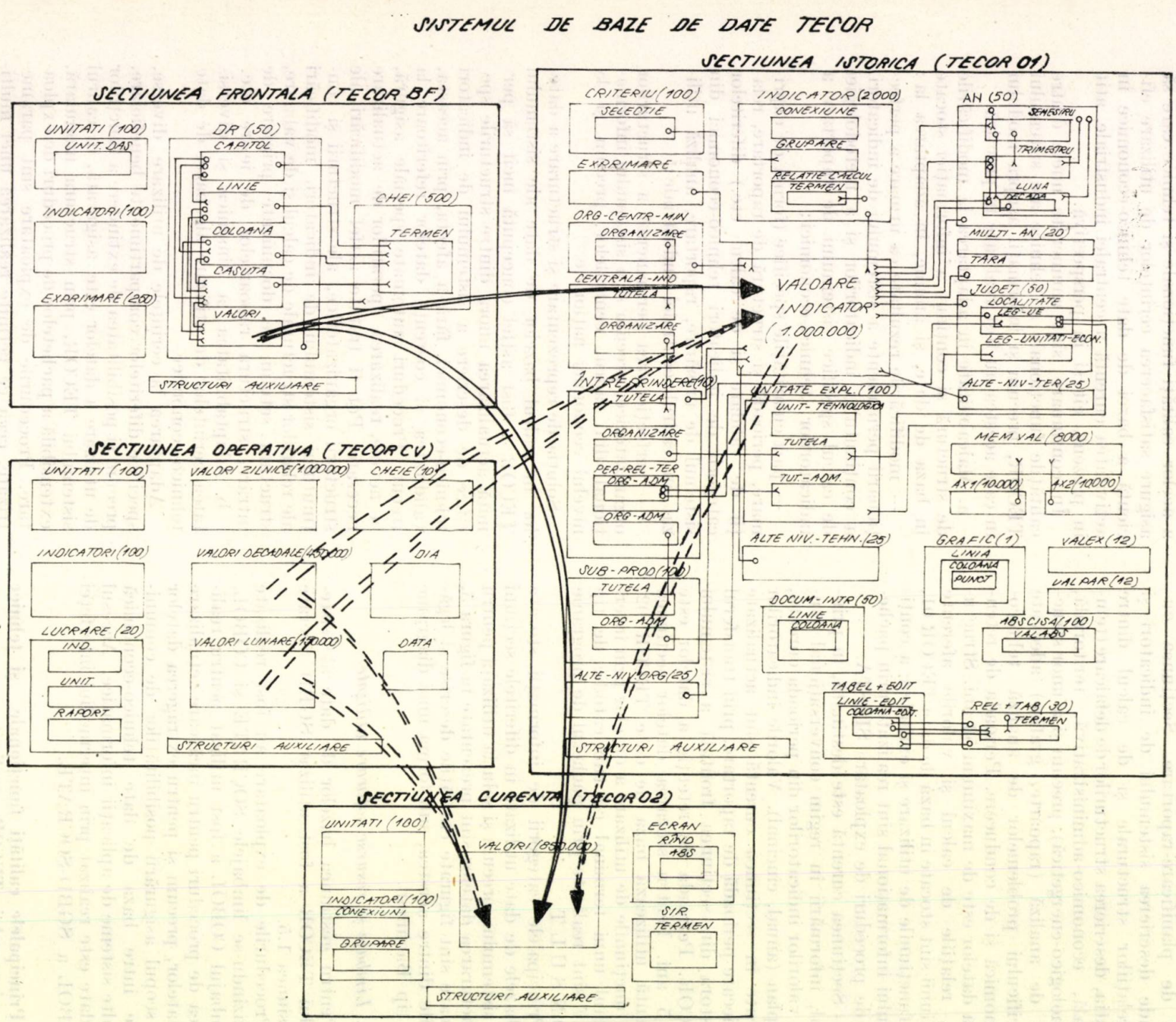


Fig. 3. Descrierea structurilor de date.

Asigurarea actualității și corectitudinii informației stocate în baza de date, acumularea informației referitoare la trecut în secțiunea istorică necesită un efort deosebit la nivelul operațiilor de pregătire—încărcare—actualizare și validare a datelor.

Prin includerea în sistemul TECOR a secțiunilor operativă și frontală și a procedurilor automate de comunicare dintre acestea și secțiunea istorică, se asigură prelucrarea directă a datelor din documentele de intrare și totodată, realizarea operațiilor curente de prelucrare, necesare pentru raportarea periodică a realizării automate.

d. Integrarea cu alte aplicații informatice în cadrul procesului de constituire a sistemului informatic al centralei industriale

Proceduri speciale de introducere și extragere a datelor în și din sistemul bazei de date asigură comunicarea sistemului TECOR cu alte aplicații informatice. Comunicarea poate fi realizată direct, prin utilizarea facilităților de interfață SOCRATE—COBOL, sau prin exploatarea în comun a unor fișiere COBOL.

e. Adaptarea modului de acces la date și a timpului de răspuns realizat la necesitățile concrete de utilizare

Prin includerea în pachetele de proceduri de exploatare a unor variante de realizare a acestora, sistemul TECOR oferă, pentru unele dintre funcțiunile de exploatare a bazei de date tehnico-economice, posibilitatea de realizare atît în regim conversațional, prin intermediul unui terminal de tip DAF, cît și în regim de prelucrare în loturi.

Pentru asigurarea răspunsului în timp real, performanță necesară în cazul funcțiunii de consultare operativă a bazei de date, în cadrul sistemului TECOR a fost creată o secțiune a bazei de date cu o structură adaptată acestui obiectiv. Facilitățile de comunicare dintre secțiuni asigură posibilitatea de transfer a informațiilor stocate din celelalte secțiuni ale sistemului în secțiunea specializată pentru consultarea în regim conversațional.

Astfel, se creează posibilitatea de a se realiza, în etape succesive, consultarea în regim conversațional, cu răspuns în timp real, a tuturor informațiilor cuprinse în diferite secțiuni ale bazei de date tehnico-economice.

4. Rezultate obținute. Perspective de extindere și dezvoltare

Sistemul TECOR a fost implementat la nivelul secțiunii 1 (plan)-pilot. Secțiunea pilot implementată a fost exploatată experimental în cadrul C.I.R.E., prin realizarea unui set de aplicații utilizate în activitatea curentă a serviciilor plan, personal, financiar-contabil și comandament, obținîndu-se rezultate satisfăcătoare referitoare la utilitatea sistemului realizat și privind calitățile funcționale și tehnice, precum și performanțele acestuia.

Rezultatele obținute în cadrul acestei prime etape de valorificare, justifică trecerea la generalizarea și extinderea utilizării bazei de date tehnico-economice în cadrul C.I.R.E., în următoarele etape:

1. Generalizarea utilizării sistemului TECOR-pilot:

1.1. Trecerea la exploatarea curentă a secțiunii 1 (pilot).

1.2. Generalizarea utilizării sistemului TECOR la nivelul ansamblului activităților din cadrul C.I.R.E.

2. Extinderea la alte categorii de date și funcțiuni:

2.1. Extinderea ariei de cuprindere a sistemului la alte categorii de date (norme de consum pe tipuri de instalații, gestiunea consumatorilor ș.a.).

2.2. Extinderea funcțiunilor sistemului TECOR în vederea dezvoltării facilităților de prelucrare și acces la informații.

Nivelul ridicat de adaptabilitate și generalitate al sistemului TECOR, ansamblul calităților sale tehnice și funcționale constatate pe parcursul experimentării sale în exploatare, în cadrul C.I.R.E. precum și rezultatele obținute în experimentarea sa în cadrul centralei industriale pentru producerea energiei electrice și termice — C.I.P.E.E.T. (în varianta-TECOP), fundamentează oportunitatea generalizării utilizării sale și în cadrul altor unități subordonate M.E.E., precum și în cadrul sistemului informatic din ramură energiei electrice și termice.

Cerințe și rezultate privind implementarea sistemului informatic URMECO (pentru analiza și urmărirea funcționării economice a termocentralelor)

Ing. Al. Emanoil, ing. Margareta Pascu, mat. Z. Frățilă, mat. Cornelia Novak, mat. Ștefana Constantin*

Introducere

Sistemul URMECO determină, într-o concepție unitară din punct de vedere metodologic unii dintre principalii indicatori[1] (mărimi) ce caracterizează modul în care a funcționat economic și tehnic, într-o anumită perioadă de timp, o termocentrală, indiferent de tipul constructiv al acesteia — de condensație sau de termoficare — sau de regimurile în care au fost exploatate agregatele ei de bază.

Sistemul URMECO este realizat modular, diversele module comunicînd între ele printr-o interfață standard și avînd toate posibilitățile de acces la baza de date a sistemului prin intermediul unor proceduri specializate.

Sistemul a fost conceput pentru a asigura integrarea într-un tot unitar a procedurilor de prelucrare general valabile cu procedurile specifice unei anumite termocentrale. În același timp, sistemul poate fi extins, comprimat, funcție de necesități, atît pe verticală (tipuri de funcțiuni), cît și pe orizontală (variante pentru o anumită funcție).

În lucrarea de față sînt prezentate etapele ce trebuie parcurse pentru a putea implementa sistemul URMECO la o termocentrală.

1. Adaptarea sistemului URMECO pentru o termocentrală

În figura 1 sînt prezentate principalele etape (activități) necesar a fi parcurse din momentul în care se ia decizia de utilizare a sistemului URMECO la o termocentrală și pînă ce acesta intră în exploatare curentă. De menționat că doar etapele de analiză tehnologică, prelucrare diagrame, creare/încărcare fișiere, testare și experimentare de durtată sînt obligatorii. Celelalte etape vor fi abordate în măsura în care, în urma analizei tehnologice, reies ca necesare.

În cadrul etapei de analiză tehnologică se examinează, din punctul de vedere al metodologiei de postcalcul, situația[2] din termocentrala respectivă și se compară cu posibilitățile oferite și cerințele sistemului URMECO.

Activitățile ce urmează etapei de analiză tehnologică se desfășoară pe mai multe direcții, ce pot fi parcurse în paralel, necondiționîndu-se reciproc. O primă direcție posibil a fi abordată este legată de apariția, în cadrul termocentralei analizate, a unor realități și/sau cerințe, metodologic inexistente în sistem, în acel moment. Aceasta conduce la necesitatea completării metodologiei de postcalcul cu unul sau mai multe paragrafe — variante de calcul a unei mărimi deja definite în metodologie. După rezolvarea acestei/acestor probleme urmează etapele normale de elaborare a modelului și algoritmilor de calcul și a programelor/subprogramelor aferente.

În cazul centralelor de termoficare sau a celor de condensație, care au posibilitatea de a livra și căldură la consumatori urbani și/sau industriali, este necesară parcurgerea și a celei de a doua direcții, prezentate în figura 1. Fiecare dintre aceste centrale are o schemă specifică de producere și livrare a căldurii în termoficare, ceea ce impune, în cadrul general stabilit de metodologia de postcalcul, elaborarea unei metodologii particulare de determinare a mărimilor necesare, care să țină seama de particularitățile schemei/schemelor termice respective. În urma parcurgerii etapelor din cadrul acestei direcții vor rezulta unul sau mai multe module ce vor trebui integrate în sistemul URMECO, dar a căror valabilitate este limitată la centrala respectivă.

Utilizarea, în mod automat, în cadrul sistemului URMECO, a diagramelor/normelor de funcționare a impus elaborarea unor metodologii de prelucrare — manuală și automată — memorare și regăsire a acestora, metodologia a fost realizată pe baza analizei diverselor diagrame/norme de funcționare, disponibile în momentul elaborării. Din această cauză au existat frecvente situații în care metodologia s-a dovedit incompletă, ceea ce explică prezența în figura 1 și a celei de a treia direcții — de completare a metodologiei de prelucrare diagrame — necesar a fi parcursă la adaptarea sistemului pentru o anumită termocentrală.

Etapele prezentate însumează efectele în faza de integrare în sistem, fază în care trebuie să funcționeze împreună cu procedurile deja existente.

Se poate întîmpla ca unele informații primare necesare în exploatarea sistemului să

* Ing. Al. Emanoil și ing. Margareta Pascu sînt cercetători științifici pr. la ICEMENERG, mat. Z. Frățilă este matematician pr., iar mat. Cornelia Novak și mat. Ștefana Constantin sînt cercetători științifici la același institut.

[1] Rapoartele posibil de obținut pot fi consultate la ICEMENERG.

[2] Prin situația din termocentrala respectivă se înțeleg următoarele:
- structură/schemă constructivă generală;
- schema/schemele de livrare a căldurii în termoficare;
- parametrii nominali de funcționare, diagrame/norme de funcționare (structură, mod de utilizare);
- mărimile primare utilizate și modul de obținere;
- mărimile ce se determină și modul de calcul;
- prelucrări standard și speciale necesare,

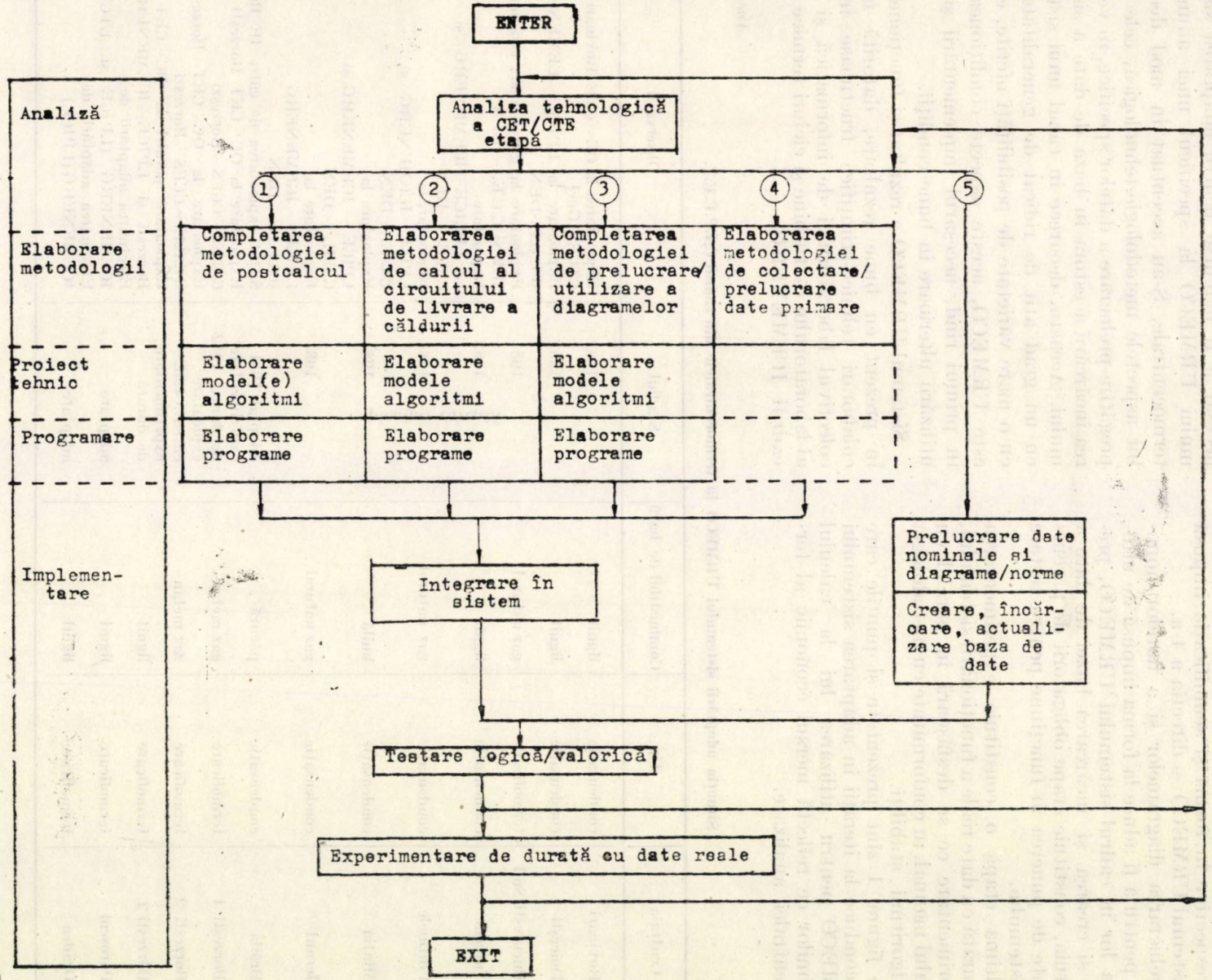


Fig. 1. Etapele adaptării sistemului URMECO pentru o termocentrală.

nu fie definite — măsurate, determinate — pînă în momentul introducerii sistemului în centrala respectivă. Din acest motiv este necesară și elaborarea metodologiei de măsură și / sau prelucrare pentru obținerea mărimii / mărimilor respective în forma și semnificația impusă de sistemul URMECO — direcția a 4-a.

Prelucrarea diagramelor și a datelor nominale pentru a fi aduse la forma impusă de utilizarea lor în cadrul sistemului URMECO, precum și crearea și încărcarea bazei de date a acestuia, constituie etape obligatorii de parcurs înainte de punerea în funcțiune pentru testare a sistemului.

Ultima etapă o constituie experimentarea de durată cu date reale a funcționării sistemului, experimentare ce se desfășoară în paralel cu calculul manual, în conformitate cu metodologia și algoritmii stabiliți.

În figura 1 sînt prezentate și punțile care pot conduce la iterații în adaptarea sistemului URMECO pentru utilizarea lui la calculul mărimilor ce reflectă mersul economic al termocentralei analizate.

Concluzii

Articolul a prezentat, fără a intra în amănunte, principalele etape/activități posibil/necesar a fi parcurse pentru adaptarea sistemului URMECO la specificul unei anumite termocentrale. S-au accentuat în mod deosebit aspectele metodologie-tehnologică, cele de pregătire-prelucrare a datelor specifice, în vederea încărcării acestora în baza de date a sistemului. Aceasta, deoarece în cazul unui sistem cu un grad atit de ridicat de generalitate și cu o mare varietate de posibilități oferite, cum este URMECO, aceste aspecte condiționează, în primul rînd, necesarul implementării și al utilizării ulterioare în bune condiții.

Sistemul URMECO a rezultat și funcționează în prezent cu bune rezultate, datorită unei colaborări tehnico-științifice fructuoase între colectivul laboratorului de informatică și cel al laboratorului de turbine și cicluri termice din cadrul ICEMENERG.

Anexa 1

Situația adaptării sistemului URMECO la termocentralele din cadrul C.I.P.E.E.T.

Centrala	Tip	Combustibil de bază	Stadiul		Observații
CTE Rovinari	condensație	lignit	exploatare curentă	1982	Exploatarea la OC — CTE Rovinari și CTCE — Gorj
CTE Doicești	condensație	lignit		1981	Exploatare la LPICE — ICEMENERG și C.C.E.-DEN
CET București-Sud	termoficare	gaz natural		1981	Exploatare la grupă mers economic IEB și C.C.E. — DEN
CTE Turceni	condensație	lignit		1983	Exploatare la LPCICE — ICEMENERG și C.C.E. — DEN
CTE Fîntînele	condensație	gaz natural		1981	Exploatare la LPICE — ICEMENERG și C.C.E. — DEN
CTE Mintia	condensație	huilă		1981	Exploatare la LPICE — ICEMENERG și C.C.E. — DEN
CTE Iernut	condensație	gaz natural		1981	Exploatare la LPICE — ICEMENERG și C.C.E. — DEN
CTE Brăila	condensație	păcură	adoptat 1981		Sistat exploatarea de către IE Brăila
CET Borzești 1	termoficare	gaz metan	experimentare de durată 1982		Exploatare la OC — CET Borzești și C.C.E. — CCFS — Borzești
CET Borzești 2	termoficare	gaz metan	exploatare curentă 1982		Exploatare la OC — CET Borzești și C.C.E. — CCFS — Borzești
CET Borzești 2	termoficare	lignit	experimentare de durată		Exploatare paralel la OC — CET Borzești și LPICE — ICEMENERG
CET Paroșeni	termoficare	lignit	adaptare		Efectuarea adaptării de ICEMENERG (LPICE și LTCT)
CET Oradea	termoficare	lignit	adaptare		Efectuarea adaptării de ICEMENERG (LPICE)

Software pentru sistemul de interfețe industriale utilizat în conducerea blocurilor energetice de 50 MW

Ing. C. Buzea, mat. Marioara Itoafă, ing. R. Teacă, ing. Mihaela Onulescu, mat. Elena Danilescu, mat. Magda Scorțea *

Introducere

Software-ul pentru sistemul de interfețe industriale este parte componentă a sistemelor de programe pentru calculatoare de proces aferente blocurilor energetice de 50 MW.

Sistemul de programe elaborat permite culegerea și prelucrarea primară a măsurilor analogice și binare, în vederea realizării funcției de supraveghere a instalațiilor din centralele electrice. Mărimile preluate din proces pot fi:

— analogice, maximum 320, dintre care 64 semnal de nivel mic (tensiune de curent continuu cuprinsă în domeniul 0—20 mV) și 256 semnal unificat (curent continuu cuprins între 0 — — 10 mA, 2 — 10 mA, 0 — 20 mA, 4 — 20 mA);

— binare, maximum 512.

1. Prezentarea sistemului de programe

Sistemul de programe (format din 10 programe) este codificat în limbajul de asamblare specific microprocesoarelor 8080 și ocupă 8,5 KO memorie.

Valorile mărimilor supravegheate sînt stocate în memorie în cadrul unor tabele și actualizate continuu (ciclic).

Orice mărime analogică sau binară poate fi în stare activă (supravegheată prin sistemul de programe) sau pasivă (neglijată de sistemul de programe). Valorile mărimilor analogice și binare sînt stocate în memorie sub forma unor tabele de stări. În tabelele de stări pentru mărimile analogice se specifică și modul de încadrare în limitele tehnologice impuse de utilizator.

Pentru supravegherea instalațiilor, sistemul de programe parcurge următoarele etape:

— explorare;
— liniarizare;
— filtrare;
— comparare cu limite tehnologice;
— control contacte;
— conversație între microsisteme.

Explorarea (mărimilor analogice) elimină erorile introduse de convertorul analog-numeric, care codifică semnalul măsurat într-o informație de tip binar. Se măsoară de trei ori o mărime, se elimină valoarea cea mai îndepărtată, iar celor două valori rămase li se face media aritmetică.

Liniarizarea se efectuează numai în cazul mărimilor analogice de tip semnal de nivel mic și permite realizarea unei dependențe liniare între valoarea mărimii fizice și valorice reprezentată în microsistemul SPOT-80, prin intermediul unei curbe de liniarizare specifice fiecărui tip de traductor. Se consideră ca fiind posibile 15 tipuri de curbe de liniarizare. Fiecare curbă este descrisă prin opt puncte de coordonate (x_i, y_i, $i = 1, 8$, unde x_i este o valoare direct proporțională cu mărimea fizică măsurată (temperatură), iar y_i este o valoare direct proporțională cu semnalul de nivel mic (tensiune).

Valoarea liniarizată x se determină cu formula:

$$x = x_i + (y - y_i)\frac{x_{i+1} - x_i}{y_{i+1} - y_i},$$

unde x_i, y_i, x_{i+1}, y_{i+1} sînt coordonate ale punctelor dintr-o curbă de liniarizare, iar y este valoarea care se liniarizează.

Filtrarea (pentru mărimile analogice) permite atenuarea erorilor datorate perturbațiilor care intervin în proces. Filtrarea se face cu formula:

$$X_i = \frac{K_j x_i + (100 - K_j)X_{i-1}}{100},$$

unde x_i este valoarea curentă filtrată;

X_i — valoarea nefiltrată;

X_{i-1} — valoare filtrată la pasul anterior;

K_j — coeficient de filtrare, indicat pentru fiecare mărime analogică ($0 < K_j \leqslant < 100$).

Compararea cu limite tehnologice permite testarea încadrării fiecărei mărimi analogice între două valori impuse de utilizator din patru valori posibile.

Control contacte (pentru mărimile binare) permite realizarea întreruperilor ce apar din proces ca urmare a schimbării pozițiilor contactelor. Întreruperile sînt recepționate pe nivele prioritare.

Conversație asigură schimbul de informații între microsistemele SPOT-80 și M-18, prin intermediul telegramelor (succesiune de informații destinate transferului de la sursă la destinație. Informațiile schimbate sînt între M-18—SPOT-80 și SPOT-80→ M-18.

Informațiile între M-18→SPOT-80 pot fi:

— activare / pasivizare a unei mărimi analogice sau binare;

— cererea valorii unei mărimi analogice.

Informațiile între SPOT-80→M-18 pot fi:

— răspuns cu valoarea unei mărimi binare;

* Autorii sînt analiști la Centrul de Calcul — I.S.P.E.

— răspuns cu valoarea unei mărimi analogice;

— semnalizare la modificarea poziției unui contact;

— semnalizare la depășirea/revenirea unei limite pentru mărimile analogice.

În urma parcurgerii etapelor menționate mai sus, valorile mărimilor analogice și binare sînt păstrate în memorie sub forma unor tabele de valori.

Observații: 1. Valorile mărimilor analogice și binare sînt măsurate numai cînd mărimile supravegheate sînt în stare activă.

2. În cazul în care la o mărime analogică se depășește o durată stabilită pentru procesul de conversie, mărimea este pasivizată și se trece la următoarea mărime analogică (duratele de conversie minime sînt de 5 ms pentru semnal unificat și 50 ms pentru semnal de nivel mic).

2. Exploatarea sistemului de programe

Pentru exploatarea sistemului de programe este necesar să se completeze tabele conținînd:

— descrierea curbelor de liniarizare prin coordonatele $x_i, y_i, i = 1,8$;

— coeficienții de filtrare utilizați, corespunzători mărimilor analogice supravegheate ($0 \leqslant$ valori $\leqslant 100$);

— tipul și valoarea limitelor tehnologice dorite;

— factorii de scală corespunzători fiecărei mărimi analogice de tip semnal unificat pentru identificarea încadării într-unul din intervalele 2—10 mA, 0—10 mA, 4—20 mA și 0—20 mA.

3. Echipamente de prelucrare

Se utilizează sistemul de interfețe industriale SPOT-80 cu următoarele module:

— un modul P1, unitate centrală;

— patru module P2, fiecare modul cu cîte 128 intrări binare;

— patru module P4, fiecare modul cu cîte 64 intrări analogice, semnal unificat;

— un modul P5 cu 64 intrări analogice, semnal de nivel mic.

Microsistemul SPOT-80 poate fi cuplat numai cu microcalculatoare M-18 și M-118.

Legătura între microsisteme se realizează prin intermediul microprocesorului 8255.

4. Concluzii

Software-ul prezentat este parte componentă dintr-un sistem complex de programe pentru supravegherea cu microcalculatoare a proceselor tehnologice de producere a energiei electrice și termice pentru blocurile de 50 MW.

Sistemul de programe este destinat culegerii, prelucrării primare a mărimilor analogice și binare din proces și transmiterea acestora la un alt microsistem de calcul.

Sistemul complex de programe cuprinde, în afara sistemului prezentat mai sus, sistemul de programe pentru prelucrări de date și calcule de indici tehnico-economici (utilizînd microsistemul M-18) și sistemul de programe pentru afișarea în format grafic pe display a stării curente a instalațiilor (utilizînd microsistemul M-118).

Pentru elaborarea sistemului de programe nu s-a utilizat un monitor de timp real, ceea ce a condus la scurtarea duratei de execuție a programelor, deci la o viteză de lucru mărită.

În vederea exploatării sistemului de programe este necesar ca microsistemul SPOT-80 să fie cuplat la un alt microsistem M-18 sau M-118, în vederea prelucrării mărimilor obținute.

Software-ul realizat poate fi utilizat și pentru supravegherea altor procese tehnologice.

Introducerea reglajului secundar U—Q în Sistemul Energetic Național, utilizînd calculatoare de proces

Ing. Adriana Armencoiu, ing. V. Neagu, mat. Marioara Itoafă*

În ultimii ani se manifestă un interes sporit pentru problema reglajului tensiunii în sistemele electroenergetice prin controlul puterii reactive, în vederea păstrării tensiunilor în limite convenabile și minimizării pierderilor în rețelele de transport B(1).

Concepția de organizare a conducerii operative a instalațiilor din SEN folosind calculatoare de proces implică realizarea treptată, ierarhizată a comenzii, fapt ce corespunde și particularităților sistemelor de reglare — — RAUQ.

Astfel, spre deosebire de reglajul automat al frecvenței și puterii active, reglajul automat al tensiunii și puterii reactive se poate realiza prin folosirea sistemelor de reglaj ale fiecărui nod din sistem B(2), aceste noduri avînd o autonomie relativ mare.

În condițiile actuale de funcționare a Sistemului Energetic Național este posibilă organizarea reglajului automat de tensiune și putere

* Ing. Adriana Armencoiu și ing. V. Neagu sînt cercetători principali la ICEMENERG, mat. Marioara Itoafă — este analist la C.C.E. — I.S.P.E.

reactivă, luînd în considerare particularităţile enunţate anterior, etapizat şi ierarhizat, corelîndu-se astfel această acţiune şi cu practica conducerii operative prin DEN. În prezent supravegherea tensiunii reţelei se exercită în principal asupra unui număr restrîns de noduri (noduri importante din sistem). Organizarea ierarhizată a reglajului automat U—Q are şi avantajul ca în cazul unui incident de transmisie între DEN şi DET, acesta din urmă poate asigura singur controlul tensiunii în zonele de reglaj pe care le coordonează.

În cadrul fazelor de cercetare parcurse în anii 1979—1981 s-a relevat organizarea sistemului RAUQ în următoarea structură:

— sisteme de reglaj automat tensiune-putere reactivă care acţionează după criterii de reglaj locale;

— sisteme de reglaj automat U—Q secundar (la nivelul zonelor de reglaj şi DET);

— sisteme de reglaj automat U—Q terţiar (la nivelul întregului sistem electroenergetic — DEC).

Stabilirea funcţiilor pentru fiecare din sistemele ierarhizate de reglaj automat U—Q se efectuează avînd în vedere funcţionarea posibilă a sistemului în cele trei stări caracteristice (normală, de alarmă şi de avarie) şi de necesitatea centralizării funcţiilor de optimizare şi reglaj pe ansamblul SEN.

Cerinţa actuală a reglajului tensiunii şi puterii reactive, acţionînd în starea normală de funcţionare a SEN, este optimizarea regimurilor în vederea realizării unor pierderi minime în reţele, pentru un nivel de siguranţă dat.

În principiu, acţiunea sistemelor de reglaj primar al tensiunii şi puterii reactive se desfăşoară urmărind parametrii locali:

— tensiunea la unul din sistemele de bare ale centralei;

— fluxurile de putere reactivă în liniile care pleacă de la centrală sau prin transformatoarele centralei.

Sistemele de reglaj U—Q secundar au ca scop realizarea controlului automat asupra planului de tensiuni al reţelei a nodurilor de reglaj dintr-o zonă de reglaj, acţiunea de control exercitîndu-se asupra valorilor de consemn ale SRAE ale grupurilor reglante din zona de reglaj.

Scopul realizării reglajului terţiar este obţinerea regimului optim din punctul de vedere al minimizării pierderilor în reţele pentru un nivel de siguranţă dat în cadrul ansamblului SEN, realizîndu-se, practic, o acţiune de coordonare între DET-uri.

Schema de principiu a unui sistem de comandă pentru reglajul automat U—Q ierarhizat este prezentată în figurile 1 şi 2.

Sistemele de reglaj U—Q primare, constituite în principal din SRAE a grupurilor genera-

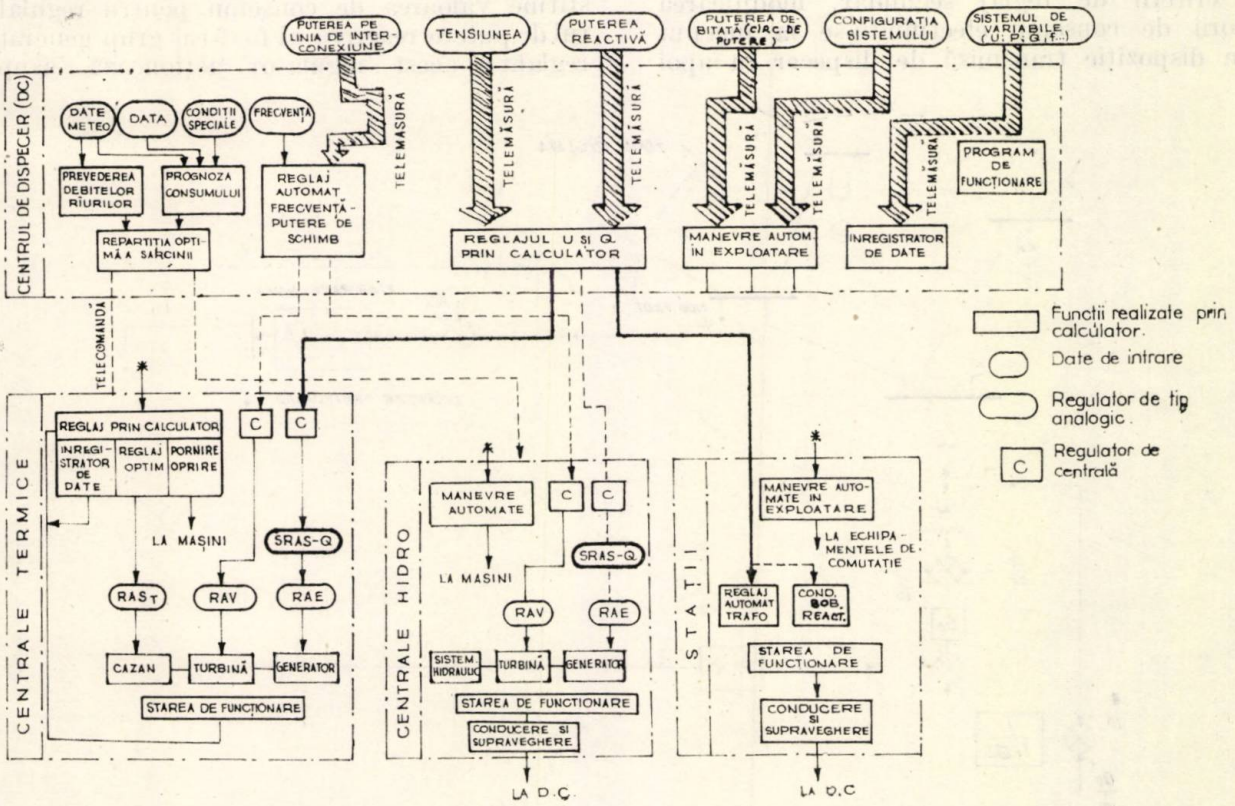


Fig. 1. Schema de ansamblu a unui sistem automat de dispecer (cu includerea SRAS — U — Q).

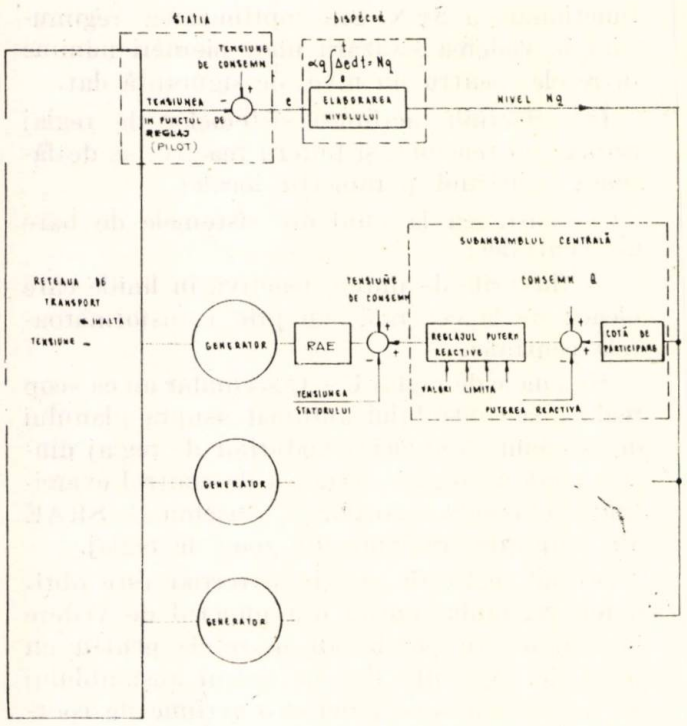


Fig. 2. Schema de principiu a ansamblului de reglaj.

toare, acționează pentru menținerea planului de tensiuni:

— într-o primă etapă: în concordanță cu criterii locale de reglaj;

— în cea de-a doua etapă: în concordanță cu criterii de reglaj secundar, modificarea valorii de consemn efectuîndu-se la început prin dispoziție transmisă de dispecer ca apoi se se realizeze automat în cadrul sistemului de reglaj automat U—Q secundar.

Schema de principiu a ansamblului de reglaj secundar este redată în figura 3.

Pentru fiecare zonă de reglaj, tensiunea măsurată la „punctul pilot" este transmisă la dispecerul teritorial (dispecerul centralei dotată cu calculator, DED). Dispecerul (din centrală, DED sau DET) compară această valoare cu valoarea de consemn și elaborează un „nivel", care este proporțional cu integrala în funcție de timp a deviației relative a valorilor precedente:

$$N = \alpha \int \frac{U_{oP} - U_P}{U_n} \, dt,$$

unde:

N este nivel (mărime adimensională cuprinsă între $+1$ și -1);
U_{oP} — valoare de consemn la punctul pilot;
U_P — tensiune măsurată la punctul pilot;
U_n — tensiune nominală a punctului pilot;
α — coeficient de proporționalitate.

Nivelul este transmis tuturor unităților generatoare reglante din zonă, fiind transformat pentru fiecare grup într-un semnal de putere reactivă (Q_v) (acest coeficient ia în considerare posibilitățile grupului respectiv de a furniza putere reactivă). Semnalul astfel obținut constituie valoarea de consemn pentru regulatorul de putere reactivă al fiecărui grup generator reglant; acest regulator acționează asupra

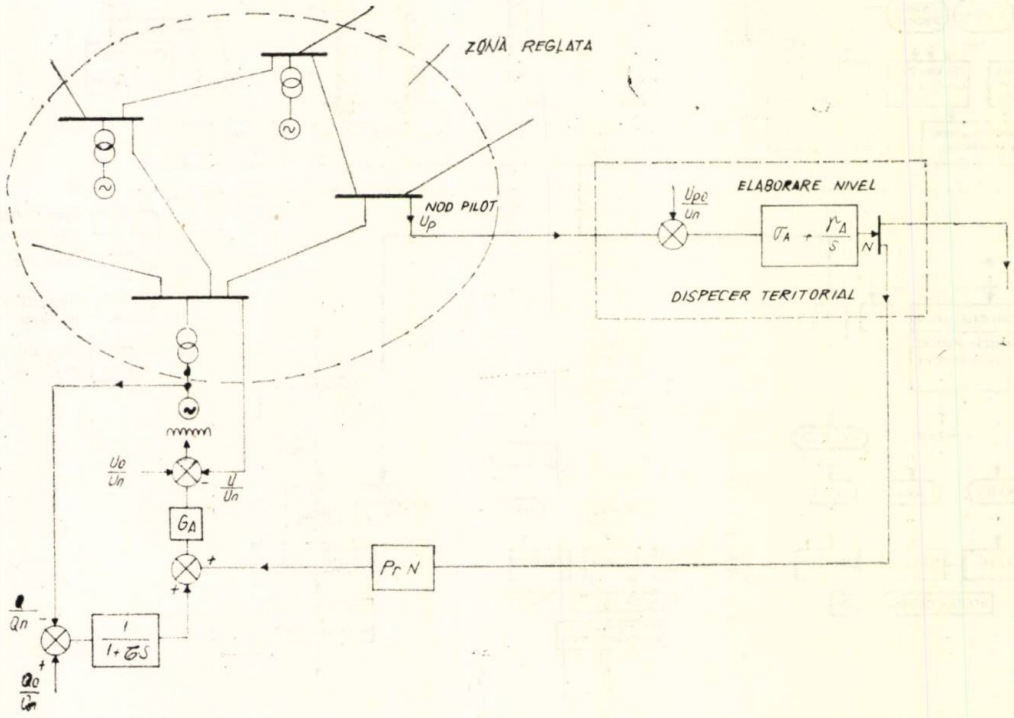


Fig. 3. Schema de principiu a reglajului secundar de tensiune (structura reglajului).

regulatorului primar de tensiune, modificînd valoarea sa de consemn.

Cînd $N = 1$ grupului i se cere să furnizeze maximum de putere reactivă;

cînd $N = -1$ grupul absoarbe maximum de reactiv.

Pentru a se evita funcționări anormale acest tip de regulator de putere reactivă are introduse limitări pentru:

— I_{rotor};

— U_{stator};

— δ.

De asemenea, este limitată viteza de variație a furnizării de către generator a puterii reactive.

Reglajul tensiunii implică, în ordinea eficienței obținute, comanda producției și consumului de putere reactivă:

1 — pe grupuri generatoare;
2 — compensatoare sincrone;
3 — reactanțe și baterii de condensatoare;
4 — reglajul transformatoarelor.

Ordinele de comandă, respectiv valoarea nivelului transmis grupurilor reglante, se dau prin dispecer (în cazul stațiilor dotate cu compensatoare sincrone, baterii de condensatoare, dispozitivelor automate de reglaj aferente acestora), asigurîndu-se astfel menținerea/restabilirea nivelului de tensiune.

Pentru transformatoare funcționînd în paralel se va utiliza soluția cu un transformator „pilot", comandat de regulatorul de tensiune, celelalte transformatoare urmînd reglajul pilot; pentru a menține constantă diferența de trepte de reglaj între transformatoare se prevede interblocarea dispozitivelor de reglaj.

Aplicarea principiilor de organizare a reglajului secundar de tensiune și putere reactivă este determinată de două aspecte principale:

— alegerea nodurilor de reglaj și a grupurilor reglante din zona de reglaj delimitată;

— stabilirea performanțelor și definitivarea schemei de funcționare a reglajului (secundar).

Primul aspect constituit de alegerea nodurilor de reglaj și a grupurilor reglante a fost dezvoltat în cadrul fazei anterioare de cercetare B(3).

Se remarcă faptul că în cadrul zonelor de reglaj, grupurile reglante sînt situate, în general, în apropierea punctului pilot (în caz particular chiar în nodul pilot), astfel încît acțiunea de reglaj să nu fie influențată (destabilizată) prin reacția grupurilor dintr-o zonă de reglaj învecinată.

Cel de-al doilea aspect „stabilirea performanțelor și definitivarea schemei de funcționare a reglajului secundar" a constituit tematica cercetării din etapa 1982—1983.

Cu ajutorul acestui tip de reglaj, dispecerul teritorial energetic are posibilitatea să intervină pentru modificarea tensiunii de consemn a nodului pilot, ajustarea producerii de reactiv a grupurilor realizîndu-se automat în funcție de posibilitățile lor.

S-a analizat în detaliu, într-o primă etapă, stația de 400/220/110 kV aferentă CET București-Sud, stație care prezintă particularitatea amplasării grupurilor reglante chiar în nodul „pilot" — nod de reglaj. Grupurile reglante din cadrul CET București-Sud sînt:

— grupurile generatoare racordate la 220 kV, tipodimensiune: 125MW (grupurile 5—6) și

— grupurile generatoare racordate la 100 kV, tipodimensiune: 60 MW (grupurile 1—4).

În stația București—Sud se are în vedere introducerea unui sistem automat de supraveghere, dispus în configurația ierarhică, bazat pe microsisteme de calcul, de producție românească.

Nivelul ierarhic inferior este format din două microsisteme de calcul în a căror structură intră cîte un microcalculator FELIX M-18 și cîte o interfață industrială de tipul SPOT-80, asigurîndu-se, în acest fel culegerea și prelucrarea primară a datelor (microcalculatorul 1 supraveghează stațiile de 400 și 220 kV; microcalculatorul 2 supraveghează stația de 110 kV, funcționarea generatoarelor și a serviciilor interne).

Nivelul ierarhic superior este format dintr-un microsistem de calcul a cărui structură cuprinde un microcalculator FELIX M-18 și toate perifericele necesare prelucrării complexe și transmiterii datelor către nivelul superior de conducere operativă a SEN (respectiv dispecerul energetic teritorial).

Pentru realizarea funcției de reglaj automat de tensiune și putere reactivă în cadrul acestei aplicații industriale este necesar:

— în prima etapă a funcționării sistemului de calcul în București—Sud, pentru volumul informațional pe stații să se modifice numărul de telemăsuri, fiind necesară introducerea informațiilor referitoare la poziția de funcționare a ploturilor (față de semnalizarea pozițiilor de minim și maxim prevăzute);

— tot pentru prima etapă de realizare a funcțiunilor sistemului de calcul ar fi posibilă introducerea SRAS de tensiune prin adăugarea în configurația actuală a microcalculatorului 1 a încă unui modul — modulul tip P7 (modul ieșiri semnal unificat), care ar realiza transmiterea nivelului elaborat în calculatorul de proces (într-o primă fază) către instalațiile automate de reglaj putere reactivă, aferente grupurilor reglante.

Concluzii

Realizarea practică a instalațiilor automate de reglaj a puterii reactive necesare în structura unui SRAS — U — Q, precum și transmiterea semnalului de tensiune (de la dispecerul de

centrală) la regulatorul primar al grupului (respectiv SRAE) implică următoarele:

— analiza schemelor SRAE ale tipodimensiunilor grupurilor reglante pentru stabilirea soluțiilor practice de introducere a semnalului suplimentar de tensiune;

— realizarea unei noi instalații automate în a cărei componență, spre exemplu, vor fi incluse două amplificatoare operaționale tip B—741, avînd în reacție componentele necesare pentru realizarea funcțiilor dorite. Această nouă instalație va constitui blocul de reglaj al puterii reactive din schema de principiu prezentată în figurile 1 și 2. Funcțiile acestui bloc de reglaj s-au determinat ca structură și valori optime de parametri în cadrul cercetării (în colaborare ICEMENERG — C.C.E. — — I.S.P.E), urmărindu-se asigurarea funcționării stabile a reglajului secundar de tensiune în cadrul SE.

Pentru realizarea practică a reglajului automat tensiune—putere reactivă în rețelele de distribuție în preocupările actualei etape de cercetare se înscrie elaborarea unui algoritm pentru optimizarea tensiunilor și a circulațiilor de putere reactivă în timp real, urmată de realizarea unor programe de calcul pentru optimizarea reglajului U—Q la un calculator de proces din cadrul unui dispecer energetic de distribuție.

Bibliografie

[1] *** *„Survey report on current operational problems"*, IEEE — TPAS, PAS, vol. 100, nr. 5, may 1981.

[2] Szezerba: *„Réglage intégré de la puissance reactive et du niveau de tension dans une centrale électrique de grande puissance"*, CIGRE, 32 — 09, 1970.

[3] *** *„Cercetări privind realizarea reglajului automat tensiune — putere reactivă în rețeaua de transport a SEN. Soluții pentru introducerea RAUQ la nivel local corelat cu cerințele RAUQ centralizat"*, lucrare ICEME, ICEMENERG, dec. 1981.

[4] Barret, J. P., Pioger, G., Noe, C. ș.a. *„Power system voltage regulation" RGE*, July 1980.

Concepția sistemului teleinformatic pentru conducerea operativă a hidrocentralelor din bazinul Olt-mijlociu

Dr. ing. S. Ionescu, ing. I. Petcu, ing. R. Popescu, ing. C. Cereșanu, ing. D. Săndulescu*

Situația energetică actuală

Pe rîul Olt sînt în curs de realizare lucrări hidrotehnice complexe, care se vor finaliza prin amenajarea a patru sectoare ce vor fi conduse operativ prin centre hidroenergetice de comandă amplasate la Făgăraș, Ciunget, Rîmnicu Vîlcea și Slatina.

Coordonarea funcționării celor patru CHC se va face de la dispecerul hidroenergetic de amenajare Rm. Vîlcea.

Din punctul de vedere al dotării conducerii prin dispecer, primul sector care urmează a fi amenajat este sectorul Olt mijlociu cu o putere instalată însumată în cele 13 centrale de circa 700 MW.

În cadrul acestui sector sînt cuprinse centralele amplasate între Cornetu și Drăgășani, precum și centrala Brădișor (pînă la realizarea centralei Cornetu), situată în amonte de Cornetu.

Cele 12 centrale din aval de Cornetu sînt prevăzute cu cîte două turbine Kaplan, cu un debit instalat de 165 m³h pe turbină. Căderile nominale sînt cuprinse între 10 și 24 m, iar pentru centrala Cornetu 64 m.

Puterea instalată a centralelor este cuprinsă între 27 — 70 MW, respectiv 230 MW pentru Cornetu, cu o producție de energie într-un an mediu de circa 1700 GWh/an (2500 ore/an de utilizare a puterii instalate).

Debitul mediu al sectorului este de circa 110 m³/h, ceea ce corespunde la 1/3 din debitul instalat.

Toate centralele debitează în rețeaua buclată de 110 kV din zonă.

1. Situația internațională actuală

Compartimentul de dispecer al I.E. Rm. Vîlcea are ca atribuții supravegherea și comanda instalațiilor amenajării Olt-mijlociu, realizate în prezent printr-un sistem de conducere cu mijloace convenționale (telestate) și care nu acoperă necesitățile pentru o conducere operativă corespunzătoare etapei actuale și dezvoltării instalațiilor.

Din punctul de vedere al documentelor de evidență, o parte din acestea intră în competența compartimentului de dispecer, iar altele sînt completate în compartimentul Plan-dezvoltare cu date furnizate de dispecer, realizînd parțial funcțiuni de evidență și statistică ale întreprinderii. Din analiza acestora, se constată că prin utilizarea informațiilor culese din proces, o mare parte din documente pot fi

* S. Ionescu, I. Petcu, R. Popescu sînt analiști principali la C.C.E. — I.S.P.E.; C. Cereșanu este inginer proiectant principal la I.S.P.E., iar D. Săndulescu este șef de colectiv la ICEMENERG.

extrase sub formă de protocoale la periferice sistemului de calcul.

Oportunitatea sistemului teleinformatic ce se va realiza, rezultă din eficiența economică a dotării dispecerului Rm. Vîlcea cu echipamente de telemecanică, automatizări complexe și calculatoare de proces și se referă la:

— optimizarea exploatării amenajării rîului Olt pentru obținerea unei producții maxime de energie electrică în condiții hidrometeorologice date;

— creșterea siguranței în funcționare a ansamblului de instalații supravegheate prin creșterea calității informațiilor la punctul de dispecer;

— creșterea productivității muncii prin introducerea telecomenzilor echipamentelor de comutație primară.

2. Funcțiile sistemului teleinformatic

2.1. Funcția de supraveghere

Informațiile din proces sînt recepționate sub formă de telegrame ciclice, conținînd atît termeni de telemăsură, cît și termeni de telesemnalizări.

Echipamentele de telemecanică instalate în centrale sînt de tip COSMOS care asigură reînnoirea informațiilor la circa 4 — 5 s.

Interfața care asigură cuplarea echipamentelor de telemecanică cu minicalculatorul CORAL este de tip INTEL, care transferă calculatorului cîte un termen din telegramă, însoțit de un termen de recomandare.

În cadrul funcției de supraveghere sînt efectuate următoarele prelucrări:

— prelucrarea de bază a semnalizărilor și alarmelor;

— prelucrarea de bază a măsurilor;

— verificarea încadrării măsurilor în limitele tehnologice;

— calculul valorilor cumulate (energii, volum de apă) și a valorilor medii (puteri, debite);

— dialogul dispecer-calculator;

— revista postfactum;

— protocolarea, pe mașina de scris sau pe ecranul de vizualizare, a evenimentelor spontane.

2.2. Funcția de evidență

— protocolarea ciclică la imprimantă a informațiilor necesare analizei modului de funcționare a centralelor cascadei (debite și volume de apă, energii produse, puteri medii etc.).

2.3. Funcția de consultant (ghid operator)

— preliminarea stării de înfundare a grătarelor;

— manevrarea evacuatorilor (clapete și stavile);

— repartiția optimă a puterii de consemn pe ansamblul cascadei, pe fiecare centrală.

2.4. Funcția de predicție-optimizare

— planificarea zilnică a regimurilor de funcționare și supravegherea on-line a regimurilor economice a celor 13 centrale. Funcția se corelează cu regimurile caracteristice din punct de vedere hidrologic ale rîului Olt;

— regimuri cu un debit energetic afluent cuprins între 50 — 330 m^3/s, în care este prioritară asigurarea consumurilor neenergetice, disponibilitățile fiind exploatate optim din punct de vedere energetic;

— regim cu un debit energetic cuprins între 330 — 800 m^3/s, în care primează efectuarea unor deversări care să permită menținerea unor cote impuse în lacuri, puterea electrică produsă fiind egală cu puterea efectiv utilizabilă;

— regim de viituri (debite afluente mai mari decît 800 m^3/s), în care este prioritară atenuarea undei de viitură.

2.5. Funcția de telecomandă

— telecomanda echipamentelor de comutație și a instalațiilor de automatizare.

3. Configurația hardware a sistemului

Sistemul informatic CHC Olt Mijlociu și DHA Rm. Vîlcea, cuprinde în configurația hardware:

— minicalculator CORAL la punctul de dispecer;

— echipamente de telemecanică COSMOS la cele 13 centrale hidroelectrice;

— interfața INTEL.

Interfața INTEL, realizată de ICEMENERG, transferă minicalculatorului informațiile recepționate de la maximum 16 echipamente de telemecanică sub formă de trenuri de perechi de termeni (un termen de adresă și un termen informațional).

Echipamentele de tip COSMOS, produse de ICEMENERG, permit transmiterea a 13 telemăsuri permanente, a maximum 50 telemăsuri la cerere (cîte una pe telegramă), a maximum 12 blocuri de cîte 8 telemăsuri periodice (cîte un bloc pe telegramă), a 100 telesemnalizări și a 100 telecomenzi.

Configurația minicalculatorului va cuprinde:

— unitate centrală 4011 A;
— memorie internă 256 KO;
— disc cartridge;
— disc floppy;
— lector de cartele;
— imprimată;
— două terminale CENTRONIX;
— două ecrane de vizualizare DAF 2010;
— multiplexor asincron 8 căi.

4. Schema generală de prelucrare

Sistemul de programe pentru realizarea funcţiilor prezentate cuprinde următoarele programe principale :

1. RECE — pentru recepţia telegramelor.
2. ITAB — depunerea semnalizărilor în lista TAB.
3. MACI — prelucrarea măsurilor.
4. FICE — protocolul pentru măsuri pe centrale.
5. TOCE — protocolul pentru măsuri pe toate centralele.
6. ANCA — protocolul de măsuri pe ansamblul cascadei.
7. STAR — protocolul de stare a staţiei.
8. DACR — protocolul de mărimi orare.
9. REAL — protocolul de realizări zilnice.
10. OPER — protocolul de raport operativ.
11. GRAF — graficul de puteri efectiv utilizabile.
12. DEVE — protocol debite deversate.
13. DIAL — dialogul dispecer-calculator.
14. POST, POFA, EXPO — analiza postfactum.
15. SING — ghid operator pentru preliminarea stării de înfundare a grătarelor.
16. MANE — ghid operator pentru manevrarea evacuatorilor.
17. OPTI — ghid operator pentru repartiţia optimă a puterilor pe centrale.
18. AFIS — afişare evenimente spontane.

5. Incadrarea DHA (CHC) Rm. Vîlcea în ansamblul conducerii operative a SEN

Încadrarea funcţiilor de conducere operativă ale DHA Rm. Vîlcea în ansamblul SEN s-a făcut ţinînd seama de :

— desfăşurarea activităţii în stările ce pot apărea în funcţionarea instalaţiilor (normală, de alarmare, incident), precum şi în condiţii speciale de ape mari şi viituri ;

— necesitatea descentralizării unor funcţiuni în vederea realizării unei siguranţe şi operativităţi ridicate ;

— necesitatea centralizării funcţiunilor de optimizare şi reglaj frecvenţă-putere.

Ţinînd seama de acestea, schimburile de informaţii între treptele de conducere se realizează după cum urmează :

1. De la DHA la DEC :
   — puteri active şi reactive produse pe amenajare şi centrale ;
   — energia activă pe amenajare ;
   — niveluri în lacuri mari ;
   — puteri şi energii prognozate ;
   — regimul impus pentru perioada de viituri.
2. De la DEC la DHA :
   — pornirea unor grupuri în regim de ajutor de avarie ;
   — puterea de consum pe amenajare în conformitate cu regimul optim calculat off-line local ;
   — putere de consum pe CHC şi CHE, în conformitate cu regimul optim calculat off-line local ;
   — ordinul de reglaj frecvenţă-putere transmis on-line pe amenajare (în cadrul benzii de reglaj fixate off-line).
3. De la DHA la CHC :
   — puteri de consemn ;
   — ordinul de reglaj frecvenţă-putere.
4. De la CHC la DHA :
   — puteri active şi reactive produse şi pe legăturile cu sistemul.
5. De la CHC la DED :
   — puteri active şi reactive ;
   — tensiuni în reţeaua de 110 kV ;
   — poziţia întreruptoarelor şi separatoarelor aferente staţiilor, centralelor şi grupurilor.

Proiectare asistată de calculator în I.S.P.H. Exemple şi consideraţii

Dr. ing. L. Lefter, ing. Al. Burciu, dr. ing. I. Toma, ing. I. Mihai, ing. I. Finkelstein, mat. D. Sarba, mat. E. Maurer, mat. V. Cristea*

In I.S.P.H., modernizarea activităţii de proiectare prin ridicarea gradului de automatizare în analiza structurală a construcţiilor hidroenergetice constituie un mijloc eficace în cadrul preocupărilor pentru economicitate şi siguranţă, pentru creşterea eficienţei investiţiilor.

Direcţiile principale ale aplicării informaticii în concepţia structurală a proiectelor elaborate în I.S.P.H. pentru lucrări din ţară şi străinătate sînt :

A) fundamentarea soluţiilor la proiecte prin determinarea stării de rezistenţă şi stabilitate pentru construcţii hidrotehnice solicitate la acţiuni statice sau dinamice (seismice) cu preocupări de optimizări ;

B) stocarea, prelucrarea şi reprezentarea datelor rezultate din studii de teren din urmărirea comportării în timp a construcţiilor ;

C) activităţi auxiliare cu caracter general (prelucrarea şi reprezentarea datelor de ieşire, verificarea datelor de intrare).

Activitatea propriu-zisă de informatică se concretizează prin elaborarea de programe noi (în colective de analişti care includ proiectanţi cu experienţă), precum şi prin adaptarea de programe din alte surse ; o colaborare eficientă există în acest sens cu I.S.P.E., I.P.C.T., I.N.C.E.R.C. etc.) prin intermediul comisiei de informatică din ICCPDC.

A. Fundamentarea soluţiilor la proiecte prin determinarea stării de rezistenţă şi stabilitate pentru construcţii hidrotehnice

A.1. Dintre metodele disponibile pentru calculul stării de eforturi în construcţii hidrotehnice (structuri complexe şi cu caracter de unicat), avantajoasă, cu nivel ridicat de precizie şi de generalitate în aplicare, este metoda elementelor finite [1,2], concretizată în programe de tip SAP [4, 5], ADAP, NONSAP.

Fără a se minimaliza pericolele unei aplicări mecanice s-a considerat că întocmirea modelului şi generarea (automată sau manuală) datelor de intrare sînt formal accesibile pentru utilizatori cu nivele diferite de cunoştinţe specifice, deşi nu trebuie uitat că profunzimea, experienţa şi inteligenţa tehnică în alcătuirea modelului de calcul condiţionează acurateţea şi utilitatea rezultatelor. Există o diversitate practic nelimitată a problemelor structurale abordabile, corelabilă cu tipizări de proceduri pe grupuri de structuri (de exemplu generarea automată în cazul barajelor arcuite — ADAP).

Între altele, utilizarea metodei elementelor finite în analiza stărilor de eforturi şi deformaţii ale barajelor stăvilare, obiective curente ale procesului de proiectare din I.S.P.H., prezintă avantaje tehnico-ştiinţifice cu implicaţii importante asupra economiei şi siguranţei structurale respective :

— calculul spaţial al ansamblului unui plot independent (radier, pile şi uneori timpan de beton armat între pile) sau al structurii tip cuvă (fig. 1), cu considerarea interacţiunii teren-structură şi aplicarea simultană sau separată a diverselor încărcări ce acţionează static sau dinamic (greutatea proprie, presiunea hidrostatică, subpresiunea, forţe din stavile, solicitări termice, acţiuni seismice, vibraţii etc.) ;

— se poate analiza un număr mare de variante (de exemplu cu variaţii în forma radierului) într-un timp foarte scurt (circa 15 minute/variantă) cu teste de optimizare.

Astfel, din analiza a patru variante la barajul Gura Lotrului pe Olt s-a ales varianta cu volumul cel mai mic de beton, care, din punctul de vedere al stărilor de eforturi, nu prezintă diferenţe sensibile faţă de celelalte variante.

Între problemele rezolvate cu metoda elementelor finite la acest tip de baraje se menţionează : determinarea eforturilor în radier în diferite ipoteze de încărcare şi calculul secţiunilor de armătură (exemplu : barajul Ipoteşti, fig. 2) ; spectrul eforturilor unitare principale, marcarea zonelor de concentrări de eforturi (fig. 3), (utile la poziţionarea armăturilor) ; deplasările relative între ploturi ; eforturi şi caracteristici dinamice (frecvenţe şi forme proprii), necesare calculelor la solicitări seismice sau la vibraţii.

Evident, gama problemelor abordate prin programe bazate pe metoda elementelor finite este mult mai largă şi practic aceasta se întîlneşte în aproape toate domeniile structurale din procesul de proiectare din I.S.P.H., seismologie inginerească, baraje din beton sau din materiale locale, centrale supra şi subterane, galerii, canale, ecluze, inginerie seismică, UCC, vibraţii etc.

Utilizarea programelor tip SAP impune îmbunătăţiri privind generarea automată şi operativitatea controlului datelor de intrare ; optimizarea partiţiei în scopul reducerii timpului de calculator ; automatizarea complexă a livrării datelor de ieşire, paralel cu selectarea seturilor cu diferite nivele de utilitate.

A.2. Calculul barajelor în arc prin metoda sarcinilor de probă (MARC 79, MARC 80), corecţie radială, este complet automatizat. Datele de intrare, puţine la număr, constau din definirea analitică a geometriei (suprafaţa di-

* Autorii lucrează la I.S.P.H.

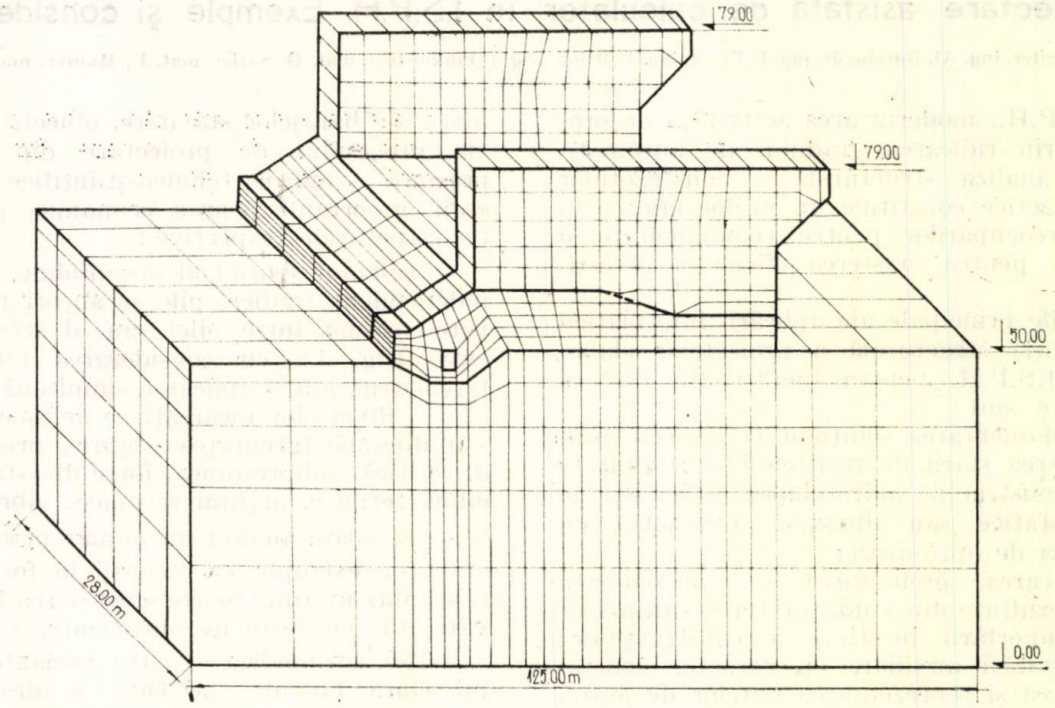


Fig. 1. Discretizare în elemente finite tridimensionale a sistemului teren de fundare (baraj cu stavile).

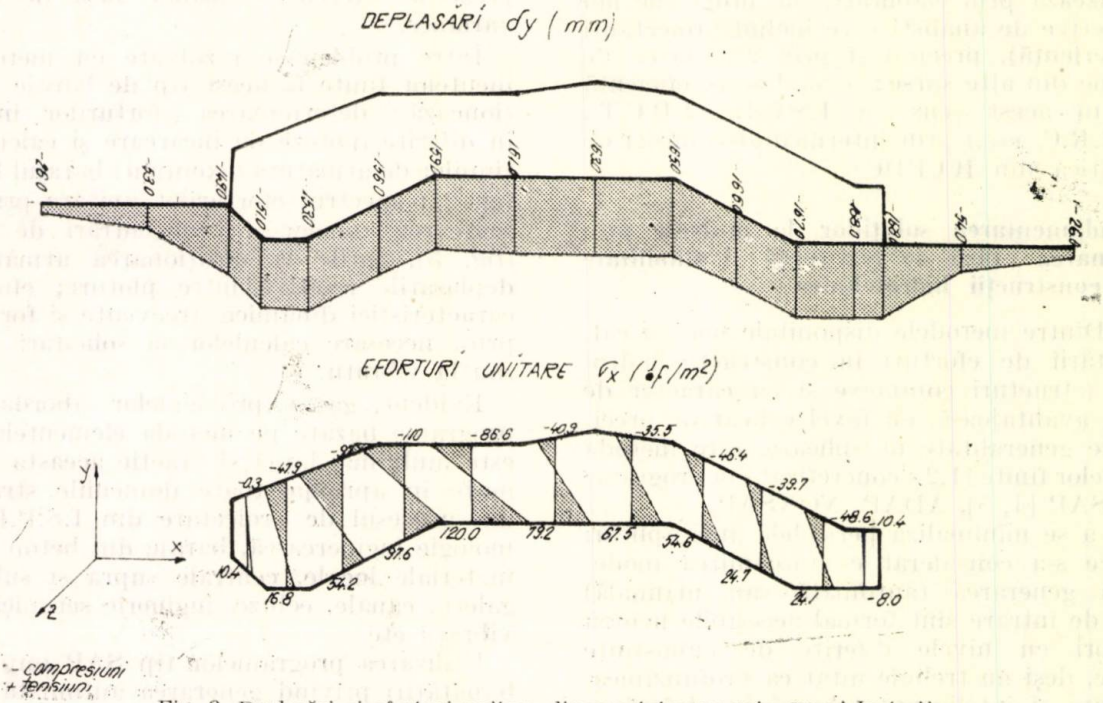


Fig. 2. Deplasări și eforturi unitare din greutatea proprie. Baraj Ipotești.

rectoare a fibrei medii a consolei de la cheie, de variație a grosimii, contactul teoretic cu fundația și din coeficienții elastici ai betonului și terenului).

Se efectuează automat calculul tuturor elementelor ajutătoare cunoscute din TLM [3] (considerînd conlucrarea baraj-teren) și al construcției și se rezolvă sistemul de ecuații avînd ca necunoscute componentele presiunii hidrostatice pe arce și console.

Prin programul descris mai sus au fost calculate (verificate), între altele, barajele Herculane și Petrimanu. Pentru aprecierea cît mai corectă a comportării structurii și mai ales a efectelor interacțiunii cu terenul de fundație s-au studiat variantele : baraj încastrat elastic

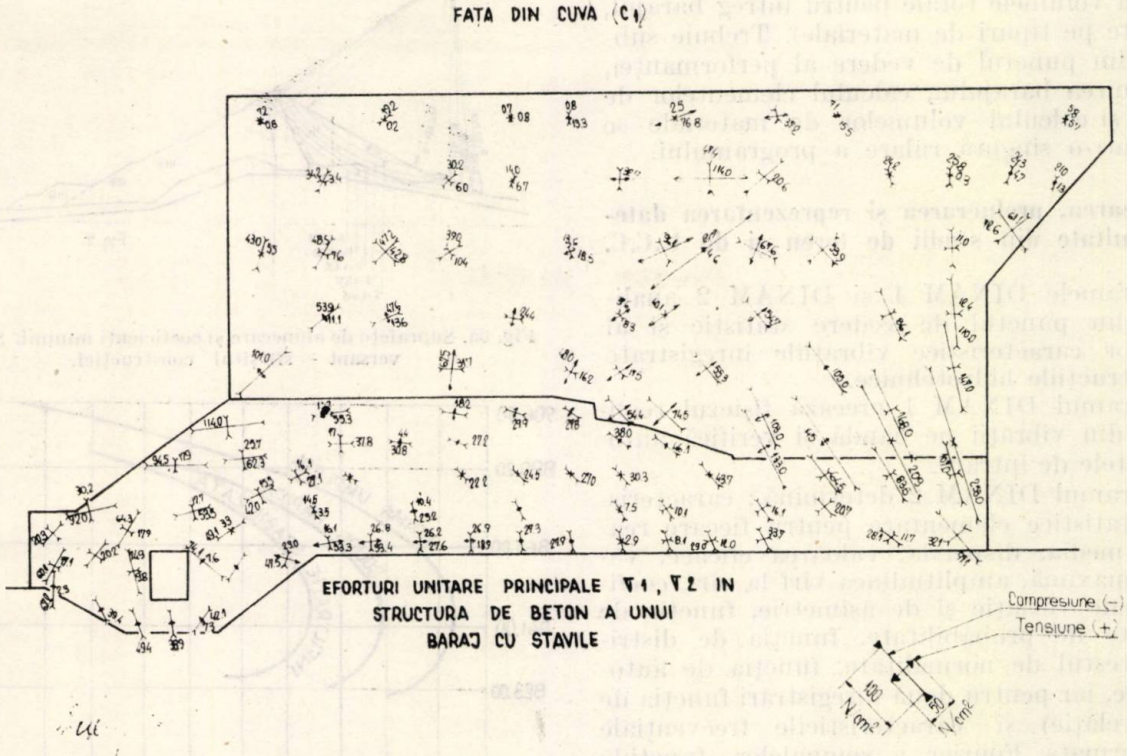


Fig. 3. Eforturi unitare principale σ_1, σ_2 în structura de beton a unui baraj cu stavile.

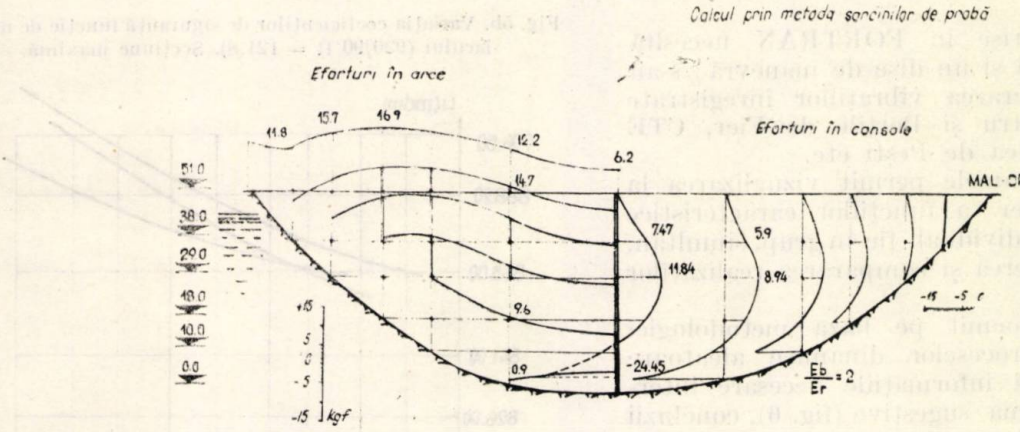


Fig. 4. Petrimanu. Eforturi pe fața amonte.

în roca de fundare cu $Eb/Er = 2$, baraj rigid cu $Eb/Er = 0{,}1$, pentru fiecare considerîndu-se patru nivele de apă în lac și următoarele ipoteze de încărcare: greutatea proprie, presiunea hidrostatică, variația de temperatură. Prin program s-au obținut: deplasări în noduri, eforturi unitare pe arce și console, ținînd seama de toate tipurile de încărcări.

Au rezultat planșe de lucru (fig. 4) și tabele care au fost incluse în proiect și utilizate în elaborarea concluziilor privind varianta rațională finală.

A.3. Setul de programe OPTAB permite alegerea variantei optime pentru un baraj din anrocamente, determinarea automată a elementelor necesare punerii în operă cu trasarea profilelor caracteristice la ploter. În prima fază se calculează principalii indici tehnico-economici (volume de lucrări, costuri, consumuri de materiale și energie etc.) pentru o serie de variante.

În etapa finală a proiectării unui baraj de anrocamente se determină elementele necesare punerii în operă cu ajutorul programului BARPAM. Aceasta soluționează trei aspecte: definirea profilelor corelat cu trasări la ploter (cu program ajutător PLOTER), calculul coordonatelor necesare trasării, calculul volumelor

de materiale (final, la cota coronamentului se obţin volumele totale pentru întreg barajul, defalcate pe tipuri de materiale). Trebuie subliniat din punctul de vedere al performanţei, că definirea barajului, calculul elementelor de trasare şi calculul volumelor de materiale se fac printr-o singură rulare a programului.

B. Stocarea, prelucrarea şi reprezentarea datelor rezultate din studii de teren şi de U.C.C.

Programele DINAM 1 şi DINAM 2 analizează din punctul de vedere statistic şi al funcţiilor caracteristice vibraţiile înregistrate la construcţiile hidrotehnice.

Programul DINAM 1 creează fişierul realizărilor din vibraţii pe bandă şi verifică automat datele de intrare.

Programul DINAM 2 determină : caracteristicile statistice elementare pentru fiecare realizare (media, dispersia, valoarea eficace, valoarea maximă, amplitudinea vîrf la vîrf, coeficientul de variaţie şi de asimetrie, funcţia de densitate de probabilitate, funcţia de distribuţie, testul de normalitate, funcţia de autocorelaţie, iar pentru două înregistrări funcţia de intercorelaţie) şi caracteristicile frecvenţiale (transformata Fourier a semnalelor, funcţiile de densitate spectrală proprie şi reciprocă de putere, funcţia de transfer şi coeficientul de coerenţă).

Programele scrise în FORTRAN necesită 154 KO, o bandă şi un disc de manevră ; s-au aplicat la prelucrarea vibraţiilor înregistrate la centralele Motru şi Porţile de Fier, CTE Anina, baraj Valea de Peşti etc.

Opţional programele permit vizualizarea la imprimantă ploter a funcţiilor caracteristice menţionate fie individual, fie în grup, simultan, pentru suprapunerea şi compararea realizărilor care interesează.

Programul întocmit pe baza metodologiei de analiză a proceselor dinamice aleatoare [4], [5] furnizează informaţiile necesare interpretării, sub forma sugestive (fig. 6), concluzii care pot fi incluse direct în documentaţia finală (în varianta ploter) şi care privesc nivelul vibraţiilor, domenii de frecvenţe ale fenomenelor cauză şi efect, caracteristici proprii de vibraţie ale structurilor, corelaţii cauză-efect.

Se poate astfel analiza comportarea la solicitări dinamice (inerente în exploatare) prin prelucrarea pe calculator a măsurătorilor din natură (digitizate semiautomat) şi confruntarea acestor rezultate cu calculul pe model matematic al structurii ; se evaluează astfel nivelul solicitărilor faţă de limitele de lucru şi eventualele necesităţi de revizie a agregatelor sau de îmbunătăţire a regimului de exploatare.

În sistemul UHE Lotru au fost analizate în acest fel, obiectele acumulărilor : Jidoaia, Petrimanu, Balindru etc. La Jidoaia, un baraj de beton cu simplă curbură (H = 50 m), asigură o acumulare dotată cu o staţie de pompare în acumularea principală Vidra.

În cadrul programului de urmărire în exploatare s-au efectuat în anul 1981 trei etape de măsurători de vibraţii pe structuri (baraj, centrală) şi pe echipament (pompe, motoare, conducte etc.), pentru situaţii şi perioade de lucru diverse.

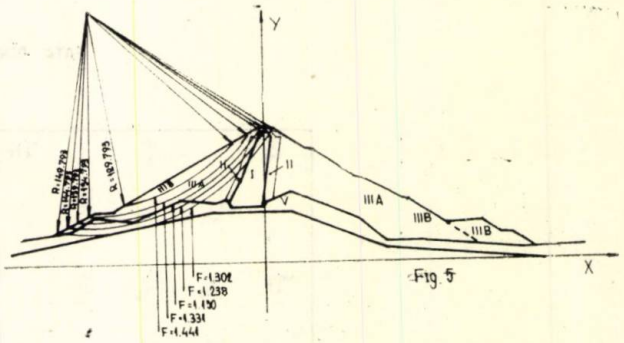


Fig. 5a. Suprafeţe de alunecare şi coeficienţi minimi. Secţiune versant — sfîrşitul construcţiei.

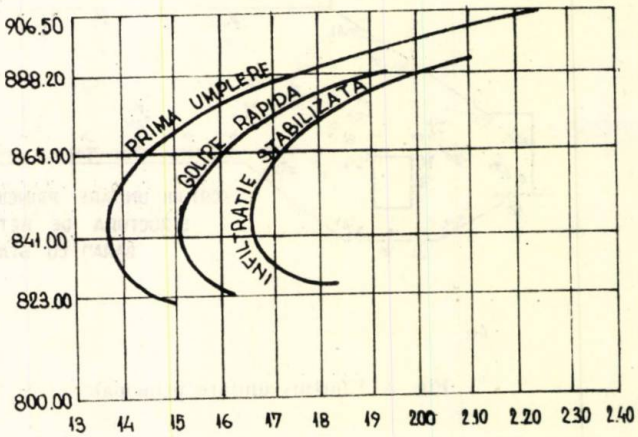


Fig. 5b. Variaţia coeficienţilor de siguranţă funcţie de nivelul lacului (920/90 R = 121.8). Secţiune maximă.

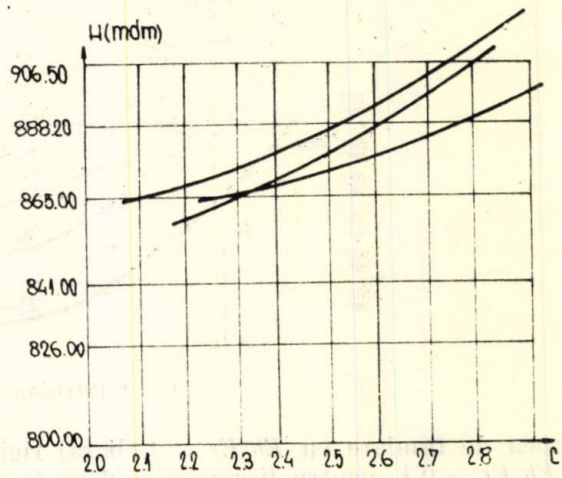
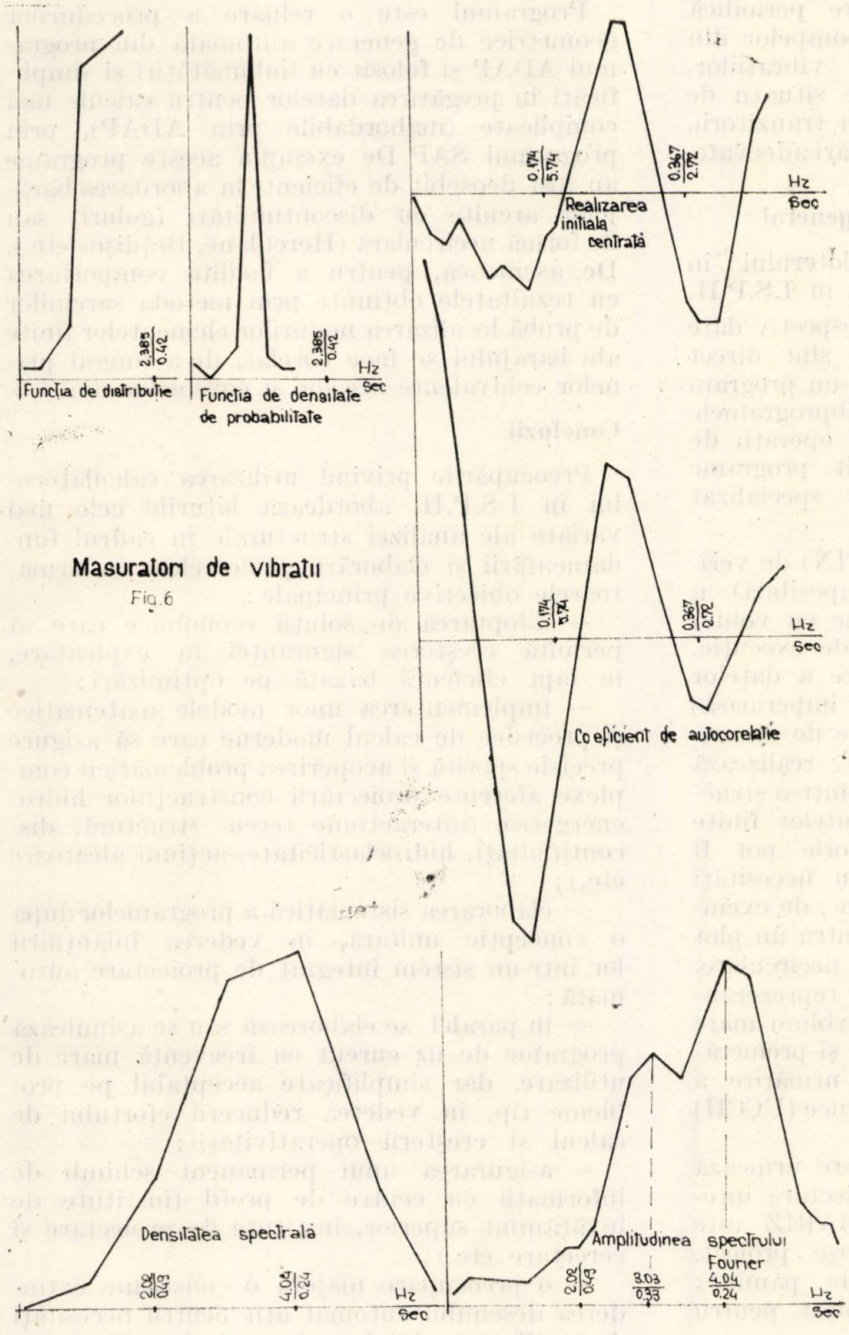


Fig. 5c. Variaţia coeficientului de siguranţă funcţie de nivelul lacului (955/150 R = 155.200).



Masuratori de vibratii

Fig.6

Fig. 6. Măsurători de vibrații.

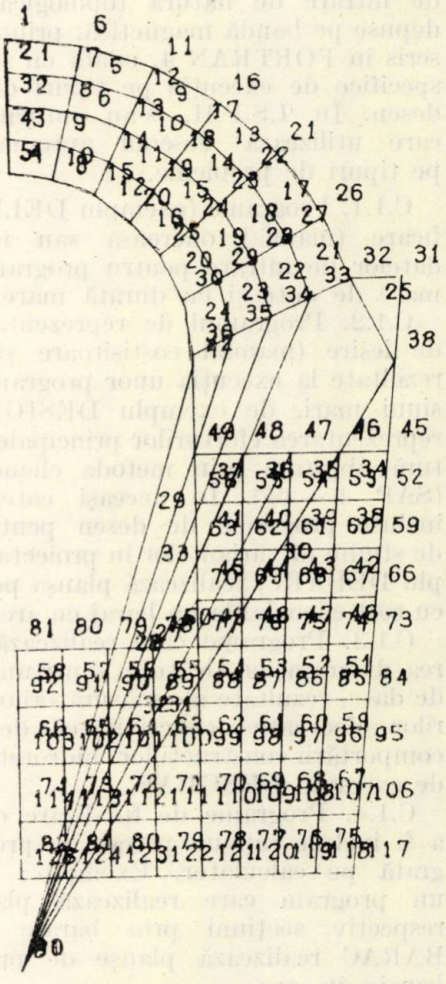


Fig. 7.

S-a cules o importantă cantitate de date, respectiv înregistrări (oscilograme), care au fost prelucrate pe calculator, obținîndu-se informații cantitative și calitative extinse, privind niveluri de vibrații, frecvențe, corelații, cu rol de măsurători de zero, dar și de date statistice. Dintre cauzele de vibrații, identificate sau suspectate, se menționează : oscilațiile apei în conducte, turbulența de trecere a apei prin pompe și vane, efectele paletelor pompelor, dereglări mecanice (excentricitate simplă, lagăre etc.).

La baraj s-au identificat frecvențe proprii atît din măsurători, cît și prin calcule dinamice cu programul SAP 4, fapt care a permis interpretarea vibrațiilor la baraj funcție de excitațiile sursei. Se constată că valori maxime apar în regimurile tranzitorii de exploatare care trebuie evitate sau reduse. S-a pus în evidență spectrul frecvențelor cu ponderea energetică importantă și corelarea lor cu cauzele mecanice și hidraulice, precum și cu fundamentala proprie sau frecvențe proprii superioare evaluate prin calcul.

Prelucrările datelor din măsurători pe calculator au permis să se estimeze o comportare normală a barajului cu eforturi dinamice de nivel redus, dar care, datorită fenomenelor de oboseală insuficient stăpînite, impun menți-

nerea unui program de urmărire periodică precum și o analiză comportării pompelor din punctul de vedere al nivelului vibrațiilor, spectrului de frecvențe în diferite situații de exploatare și mai ales de regimuri tranzitorii, ceea ce a permis să se facă recomandări adecvate.

C. Programe auxiliare cu caracter general

C.1. Utilizarea eficientă a ploterului în elaborarea proiectelor de structuri în I.S.P.H.

Într-o primă fază, informațiile, respectiv date de intrare de natură topologică, sînt direct depuse pe bandă magnetică, printr-un program scris în FORTRAN 4, odată cu subprogramele specifice de execuție pe tipuri de operații de desen. În I.S.P.H. s-au întocmit programe care utilizează desenul automat specializat pe tipuri de probleme.

C.1.1. Programe (exemplu DELFIN) de verificare (manual oneroasă sau imposibilă) a datelor de intrare pentru programe cu volum mare de date și cu durată mare de execuție.

C.1.2. Programul de reprezentare a datelor de ieșire (manual costisitoare și imperioasă) rezultate la execuția unor programe de dimensiuni mari, de exemplu DESIGN, realizează reprezentarea eforturilor principale într-o structură obținută prin metoda elementelor finite (SAP 4 — 05). În aceeași categorie pot fi incluse programe de desen pentru necesități de studiu al variantelor în proiectare; de exemplu DEBARC, realizează planșa pentru un plot cu rost elicoidal la un baraj cu arce necirculare.

C.1.3. Programe care realizează reprezentarea diagramelor alcătuite dintr-un volum mare de date, rezultate ale măsurătorilor și prelucrărilor efectuate în activitatea de urmărire a comportării construcțiilor hidrotehnice (UCCH) de exemplu DESGRAF.

C.1.4. Programe de finalizare care urmează a fi incluse într-un proces de proiectare integrată pe calculator. Exemplu: BARIZ este un program care realizează planșe proiect, respectiv secțiuni prin baraje de pămînt; BARAC realizează planșe de proiect pentru baraje în arc.

Multitudinea de probleme practice rezolvate argumentează eficiența inepuizabilă a desenului automat. Avantajele procedeului sînt: calitate, estetică și acurateță, viteză de execuție la nivelul tehnicii actuale, cu mari perspective în facilitarea lucrărilor de profil și în special a celor aferente proiectelor.

C.2. Partiția automată a unui baraj în arc în elemente finite.

Prinul pas într-o analiză de elemente finite este idealizarea sistemului structural cu un ansamblu de elemente finite. În studiul unui baraj în arc, idealizarea cuprinde atît barajul, cît și un volum important de rocă de fundație pentru considerarea efectelor interacțiunii teren—baraj.

Programul este o reluare a procedurilor geometrice de generare automată din programul ADAP și folosit cu îmbunătățiri și simplificări în pregătirea datelor pentru calcule mai complicate (inabordabile prin ADAP), prin programul SAP. De exemplu aceste programe au fost deosebit de eficiente în abordarea barajelor arcuite cu discontinuități (goluri) sau de formă necirculară (Herculane, Brădișor etc.). De asemenea, pentru a facilita comportarea cu rezultatele obținute prin metoda sarcinilor de probă localizarea nodurilor elementelor finite ale barajului se face corelat, de-a lungul planelor echivalente arcelor și consolelor din TL.

Concluzii

Preocupările privind utilizarea calculatorului în I.S.P.H. abordează laturile cele mai variate ale analizei structurale în cadrul fundamentării și elaborării proiectelor, cu următoarele obiective principale:

— adoptarea de soluții economice care să permită creșterea siguranței în exploatare, în fapt eficiență bazată pe optimizări;

— implementarea unor modele matematice și procedee de calcul moderne care să asigure precizie sporită și acoperirea problematicii complexe aferente proiectării construcțiilor hidroenergetice (interacțiune teren- structură, discontinuități, hidroelasticitate, acțiuni aleatoare etc.);

— elaborarea sistematică a programelor după o concepție unitară, în vederea înlănțuirii lor într-un sistem integrat de proiectare automată;

— în paralel se elaborează sau se asimilează programe de uz curent cu frecvență mare de utilizare, dar simplificate acceptabil pe probleme tip, în vederea reducerii efortului de calcul și creșterii operativității;

— asigurarea unui permanent schimb de informații cu centre de profil (institute de învățămînt superior, institute de proiectare și cercetare etc.);

— o preocupare majoră o constituie extinderea desenului automat atit pentru necesități de verificare a datelor, cît, mai ales, de editare a documentațiilor; desigur însă că această sarcină de mare eficiență este strict condiționată de dotarea cu plotter și cu mijloace de teleprelucrare a I.S.P.H.

Bibliografie

[1] Zienkiewicz, O. C. — *The Finite Elemente Methode in Engineering Science*, Mc. Graw-Hill, London, 1971.

[2] Sandi, H. — *Metode matriceale în mecanica structurilor*, Ed. tehnică, București, 1976.

[3] U. S. B. R. — *Treatise on dams*. Cap. X, Arch dams, Denver, 1965.

[4] Bendat, J. S., Piersol, A. C. — *Randomdata Analysis and Measurement Procedures*, John Wiley & Sons N. Y. 1971.

[5] Girlasu, St. — *Prelucrarea în timp real a semnalelor fizice*, Craiova, 1978.

Calculul seismic al barajelor din anrocamente cu ajutorul calculatorului electronic

Ing. A. Constantinescu*)

Metoda pseudostatică de calcul seismic pentru baraje conduce la evidente supradimensionări în raport cu practica mondială, care atestă buna comportare a numeroase lucrări supuse unor cutremure a căror intensitate a depășit considerabil nivelul limită prevăzut.

În realitate, forțele de inerție aplicate variază în timp ca mărime și direcție, ceea ce modifică fundamental efectele finale ale solicitării asupra structurii barajului. Deși în cursul seismului starea de echilibru limită este depășită și se produc alunecări, efectul final se traduce printr-o deplasare remanentă finită a volumului care alunecă. De regulă, aceste deplasări sînt compatibile cu exploatarea în continuare a barajului.

În cadrul I.S.P.H. s-a adoptat o metodologie de calcul, pornind de la principiul de mai sus și de la o serie de rezultate obținute de diverși autori.

Din punct de vedere structural, barajele de anrocamente sînt corpuri continui, cu un număr infinit de grade de libertate, în interacțiune cu terenul de fundare și cu apa din lacul de acumulare. Modelul matematic admite reprezentarea comportării dinamice printr-un număr finit de grade de libertate asociate cu nodurile unei discretizări realizate după metoda elementului finit. S-a considerat că terenurile stîncoase din zonele montane, unde se realizează baraje înalte, pot fi considerate rigide, întrucît au caracteristici geotehnice mult mai bune decît materialele de umplutură.

Solicitarea seismică a fost reprezentată prin accelerația $\ddot{u}(t)$ a mișcării terenului de fundație, care are valori diferite în punctele din fundație, dată fiind viteza de propagare a undelor seismice (800 ..... 4 000 m/s) și lungimea mare a fundației barajelor de anrocamente.

Forma ecuațiilor mișcării în situația excitației nesincrone este :

$$[M]\{\ddot{\delta}\} + [C]\{\dot{\delta}\} + [K]\{y\} = -[M][R]\{\ddot{u}\},$$

unde:

$[M]$ este matricea maselor asociate gradelor de libertate ;

$[C]$ — matricea de amortizare ;

$[K]$ — matricea de rigiditate ;

$[R]$ — matricea coeficienților de influență ;

$\{\ddot{u}\}$ — vectorul accelerațiilor punctelor nodale din fundație ;

δ, $\dot{\delta}$, $\ddot{\delta}$ — deplasările, vitezele și accelerațiile pe direcția gradelor de libertate dinamică.

Integrarea ecuațiilor în funcție de timp se face prin procedeul pas cu pas.

Etapele de calcul sînt :

1° — Discretizarea structurii, realizată după metoda elementului finit.

2° — Determinarea modurilor proprii de vibrație, cu ajutorul programului asimilat SAP.4 ; frecvențele proprii sînt necesare pentru construirea matricii de amortizare [C].

3° — Determinarea răspunsului seismic al structurii, cu programul de calcul ASINCROR, pus la punct în ISPH ; programul furnizează accelerațiile de răspuns în nodurile structurii în toți pașii de timp ;

4° — Calculul înfășurătorilor accelerațiilor maxime de răspuns pentru paramentul amonte și paramentul aval, cu programul ACCINF (care poate calcula și pentru alte linii caracteristice, de exemplu diafragma, mijlocul nucleului) ; valorile înfășurătoare se calculează ca medii ale accelerațiilor din cîte două noduri apropiate (paramenții și o linie paralelă la ei), translatate în nodurile de pe paramenți.

5° — Determinarea coeficienților β și ω ai răspunsului seismic, care a fost exprimat sintetic prin relația empirică :

$$a = a_0(1 + \beta \cdot \eta^{\omega}),$$

unde :

a — accelerația seismică la nivelul η, pe parament ;

a_0 — accelerația seismică la nivelul fundației ($\eta = 0$) ;

$\eta = \dfrac{h}{H}$ = înălțimea relativă a punctului considerat.

Pentru această etapă nu a fost elaborat un program de calcul.

6° — Calculul deplasărilor verticale remanente și al deschiderii fisurilor la coronament, cu ajutorul programelor DEFINUC și DEFIMAS ; aceste programe iau în considerare alunecarea materialului pe suprafețe plane și calculează (cu formulele lui Sarma) deplasările care se produc în ipotezele cele mai defavorabile, furnizînd un domeniu probabil de deformații finale. Vom preciza doar cîteva dintre variantele studiate : alunecare spre amonte sau spre aval, lac gol sau plin, accelerație seismică aplicată sau nu apei din porii volumului care alunecă.

Pentru zonele în care nu există accelerograme înregistrate, a fost creat un program de simulare a unor accelerograme, bazat pe elementele seismice caracteristice zonei bara-

*) A. Constantinescu este inginer proiectant la I.S.P.H.

jului studiat (durată, frecvențe dominante, tip, amplitudine maximă ș.a). Ulterior acest program a fost inclus în programul ASINCROR.

Existența pachetului de programe*) a permis studierea unui mare număr de variante constructive și a generat posibilitatea efectuării unor studii de maximă importanță pentru cunoașterea aprofundată a fenomenului seismic. În continuare vom menționa pe scurt principalele concluzii ale studiilor deja finalizate.

În I.S.P.H. s-a elaborat un îndrumar de proiectare bazat pe calculul deplasărilor remanente, îndrumar care permite predimensionarea barajelor de anrocamente, avînd ca rezultat secțiuni mai suple decît cele date de metoda pseudostatică. Profilele rezultate sînt verificate cu pachetul de programe prezentat anterior.

S-a constatat că este importantă luarea în considerare a nesincronismului excitației, deoarece accelerațiile maxime scad simțitor față de cele obținute prin calculul sincron. Chiar pentru viteze mari ale frontului de unde, scăderea este de peste 15%.

Un alt studiu a urmărit influența datelor de intrare asupra rezultatelor calculelor. S-a constatat că alegerea fracțiunii din amortizarea critică este foarte importantă, rezultatele variind pînă la 10 ori. În schimb, varierea modulilor de elasticitate pînă la de 4 ori nu a dus la modificări importante ale deformațiilor rezultate din calcul.

S-a făcut ,de asemenea, o comparație de comportare a unor variante dimensionate pseudostatic, respectiv cu metoda deformațiilor remanente. S-a observat o comportare absolut analoagă, tasarea coronamentului și deschiderea fisurilor paralele cu coronamentul fiind de același ordin de mărime. Reducerea volumului barajului (în condițiile comportării indentice) poate atinge chiar 24%.

Calculul cel mai amplu făcut pînă în prezent vizează barajul Surduc, situat într-o zonă cu seismicitate ridicată, și anume la circa 120 km de epicentrul din Vrancea. Calculatorul electronic a permis studierea unui număr foarte mare de variante:

— două variante constructive: cu nucleu și cu mască;

— două înclinări ale paramentelor (pentru fiecare variantă constructivă);

— două variante de permeabilitate a umpluturii;

— patru accelerograme pentru fiecare din variantele de mai sus; trei accelerograme au fost simulate pe baza caracteristicilor seismice ale zonei (furnizate de colectivul de specialitate); a patra variantă a fost accelerograma El Centro 1940.

Cele 32 de variante studiate au permis stabilirea soluției optime. Trebuie să subliniem faptul că fără calculatorul electronic acest studiu ar fi fost imposibil.

Menționăm că introducerea acestei metodologii de calcul mărește substanțial timpul necesar pentru proiectare. Dat fiind faptul că cel puțin în domeniul barajelor, calculele automate fac posibilă introducerea unor metodologii principial noi, inabordabile prin metode de calcul manual, al căror avantaj principal și evident este mărirea gradului de cunoaștere a realității și obținerea în consecință a unor construcții la care echilibrul rațional dintre siguranță și economicitate este superior justificat, volumul crescut de muncă de proiectare este cu prisosință justificat de eficiența economică și calitatea obținută în realizarea lucrărilor.

*) Pachetul de progme a fost creat și pus la punct de un colectiv din I.S.P.H.: dr. ing. St. Ionescu, ing. H. Anastasiu, mat. D. Florea, ing. A. Constantinescu, un aport deosebit avînd d.. ing. Stematiu din I.C.B.

Subsistemul informatic de reparaţii pentru utilajele tehnologice dintr-o întreprindere de electrocentrale

Ing. B. Ungureanu, ing. A. Marinescu, ing. I. Coman, ec. Elena Constantin, ec. Carmen Buhăceanu, ing. D. Dănăriciu, mat. I. Irimia*)

Introducere; obiectivele subsistemului

În cadrul sistemului informativ complex de conducere al unei întreprinderi de electrocentrale, subsistemul de reparaţii SIRE este o componentă a sistemului de conducere a producţiei de energie electrică şi termică, tratînd o activitate care are o pondere însemnată din punct de vedere cantitativ şi calitativ, uman şi material, în cadrul întreprinderii.

Instalaţiile tehnologice dintr-o centrală electrică cuprind o gamă variată de fonduri fixe, de a căror funcţionare normală depinde continuitatea furnizării de energie electrică şi termică. Mai mult, avarierea unui grup de mare putere, pe lîngă pierderile locale, poate avea consecinţe importante asupra siguranţei în funcţionare a sistemului energetic, conducînd la avarii în sistem, însoţite de daune importante.

Siguranţa în funcţionare a instalaţiilor depinde în mod direct de modul în care se execută lucrările de întreţinere şi reparaţii. Pentru realizarea în bune condiţiuni a lucrărilor de reparaţii trebuie îndeplinite următoarele condiţii :

— executarea reparaţiei la data planificată, stabilită conform normativelor de reparaţii;

— asigurarea reparaţiei cu resurse materiale şi forţă de muncă;

— respectarea tehnologiilor de reparaţii.

Subsistemul de reparaţii îşi propune ca obiective :

— să contribuie la o mai bună organizare şi pregătire a reparaţiilor;

— să asigure creşterea calităţii informaţiei, oferind posibilitatea de a face transparentă întreaga activitate de reparaţii prin înregistrarea, controlarea şi analizarea acesteia;

— să stabilească resursele materiale şi umane necesare realizării planului de reparaţii;

— să transfere efortul personalului de specialitate de la activitatea de evidenţă, la activitatea de analiză şi decizie.

1. Funcţiunile subsistemului de reparaţii

În urma analizei activităţilor de planificare —programare—lansare—urmărire a reparaţiilor dintr-o centrală şi a cerinţelor informaţionale ale acestora s-a stabilit ca subsistemul de reparaţii să se ocupe de tratarea automată a activităţilor care :

— pot fi formalizate;

— implică volumul cel mai mare de muncă de rutină.

Funcţiunile concrete ale subsistemului sînt următoarele :

— elaborarea automată a planului anual şi lunar de desfăşurare a lucrărilor de reparaţii, pe baza criteriilor de periodicitate date de normativele de reparaţii;

— urmărirea realizării fizice şi valorice a planului de reparaţii;

— elaborarea documentaţiilor tehnico-economice ale lucrărilor de reparaţii (deviz-comandă);

— stabilirea resurselor umane necesare lucrărilor planificate pe baza normativelor de timp, la nivel previzional, în scopul corelării fondului de timp de lucru disponibil cu cerinţele planului de reparaţii;

— stabilirea resurselor materiale (materiale, piese de schimb, SDV) necesare efectuării lucrărilor planificate (la nivel previzional) în scopul fundamentării planului de aprovizionare);

— urmărirea orelor de funcţionare şi staţionare pe cauze;

— gestionarea colecţiilor de date referitoare la :

- funcţionarea utilajelor din centrală (timp de funcţionare, datele reparaţiilor),
- normativele de reparaţii,
- fişe tehnologice.

*) Ing. B. Ungureanu este analist pr. gr. I, ing. A. Marinescu este analist pr. gr. II, ing. I. Coman este analist, ec. Elena Constantin şi ec. Carmen Buhăceanu sînt programatoare la Centrul de Calcul Electronic al I.S.P.E., ing. D. Dănăriciu este şeful Oficiului de calcul al IE Craiova, mat. I. Irimia este progr. pr. la O.C. al IE Craiova.

2. Componentele subsistemului

Ţinînd seama de independenţa în prelucrare şi funcţionalitatea distinctă, precum şi de o eşalonare a pregătirii colecţiilor de date de către beneficiari şi a implementării, subsistemul este împărţit în trei aplicaţii şi anume:

— urmărirea timpului de funcţionare al utilajelor şi gestionarea datelor pentru planificarea reparaţiilor SIREDAT;

— planificarea şi urmărirea reparaţiilor PLUR;

— elaborarea documentaţiei tehnico-economice — DOCT.

Urmărirea timpului de funcţionare şi staţionare pe cauze are o finalitate în sine, permiţînd analizarea modului de funcţionare şi încărcare a capacităţilor de producţie. Din punctul de vedere al subsistemului de reparaţii, aplicaţia furnizează timpul de funcţionare de la ultimele reparaţii de tip RT, RCI, RC2, RK pînă la un moment dat, utilizat drept criteriu de planificare în reparaţii.

Planificarea reparaţiilor porneşte de la acest moment în care timpul de funcţionare este strict determinat şi simulează în viitor o funcţionare a utilajului, marcînd momentele cînd un anumit tip de reparaţie devine scadent.

Se reţin în planul de reparaţii, reparaţiile ce se încadrează în perioada de timp considerată (fie aceasta an sau lună).

Aplicaţia de elaborare a documentaţiei tehnico-economice urmăreşte să pună la dispoziţie utilizatorului documentele de lansare a lucrării, devizul-comandă conţinînd operaţiile din fişa tehnologică a reparaţiei respective, inclusiv manopera afectată şi extrasul de materiale şi piese de schimb necesare.

În ceea ce priveşte stadiul de realizare, au fost elaborate programele pentru primele două aplicaţii dintre care prima aplicaţie este implementată de IE Craiova, urmînd elaborarea programelor părţii a treia pînă la sfîrşitul anului 1983.

3. Descrierea şi clasificarea instalaţiilor

S-a adoptat o structură a informaţiei referitoare la gestiunea instalaţiilor dintr-o întreprindere de centrale electrice, care să evidenţieze următoarele nivele ierarhice;

— centrala;

— ansamblul funcţional (bloc, cazan pe bară, grup pe bară, instalaţii auxiliare);

— grupare de instalaţii;

— utilaj.

Utilajele sînt elementele din instalaţiile care fac obiectul unei poziţii din planul de reparaţii. Din punctul de vedere al urmăririi orelor de funcţionare, utilajele se clasifică astfel:

— utilaje la care se urmăreşte timpul de funcţionare şi se planifică automat;

— utilaje la care nu se urmăreşte timpul de funcţionare şi se planifică la cerere.

Urmărirea timpului de funcţionare şi staţionare evidenţiază cauzele generale ale staţionării; în cazul incidentelor, se detaliază cauza incidentului şi se publică în rapoarte lunare şi zilnice.

Cauzele generale ale staţionării sînt:

- rezervă;
- reparaţii planificare;
- reparaţii accidentale;
- incident;
- oprire tehnologică;
- gol de sarcină;
- lipsă combustibil;
- lipsă termoficare;
- alte cauze.

Informaţia primară pentru urmărirea orelor de funcţionare se culege pe documentul de „porniri-opriri", în care se înregistrează evenimentele; documentul a fost utilizat în exploatare de către IE Craiova şi propus pentru generalizare.

După cum s-a arătat, criteriul general de planificare este ciclul de reparaţii al utilajelor (numărul de ore de funcţionare între două reparaţii de acelaşi tip). Într-o funcţionare independentă a utilajelor, acest criteriu ar fi suficient pentru construirea automată a unui plan de reparaţii ale fondurilor fixe. În cazul unei centrale electrice există dependenţe între utilajele aferente unei instalaţii. Din punctul de vedere al funcţionalităţii, instalaţiile din centrală se împart în două categorii:

— instalaţii de producere a energiei electrice (ansamblurile funcţionale energetice bloc, cazan, grup), a căror staţionare creează indisponibilităţi de putere în sistemul energetic;

— instalaţii de deservire a agregatelor energetice (ansambluri funcţionale auxiliare; gospodăria de combustibil, instalaţia de tratare a apei de alimentare, evacuarea zgurei şi cenuşii etc.).

Ansamblurile funcţionale energetice se compun din:

— agregate (utilaje) de bază, energetice (majore);

— agregate (utilaje) auxiliare (exemplu: mori, pompe, ventilatoare etc.).

Agregatele auxiliare pot fi la rîndul lor:

— dependente de ansamblu funcţional AF;

— independente de AF.

Un plan de reparaţii trebuie astfel conceput încît să reducă la minimum indisponibilitatea de putere în sistem (exprimată în MW zile).

Un agregat dependent de AF condiţionează strict funcţionarea AF; oprirea sa determină oprirea ansamblului sau creează indisponibilităţi de putere ale acestuia. Un asemenea agregat se repară numai concomitent cu ansam-

blul funcțional, tipul reparației se determină însă după ciclul propriu de reparații.

Un agregat independent de AF poate fi oprit în rezervă (și deci și reparat) fără să afecteze funcționarea ansamblului, deoarece funcțiunile pot fi îndeplinite de alte agregate.

Utilaje în paralel

Un agregat (utilaj) independent de AF face parte dintr-un grup de utilaje care îndeplinesc aceeași funcțiune numite „utilaje în paralel"; planificarea reparațiilor acestora se face după ciclul propriu, dar cu respectarea restricției de grup, conform căreia din n utilaje în paralel, pot fi simultan în reparație numai r, celelalte $n - r$ utilaje trebuind să fie în funcțiune sau în rezervă pentru a menține siguranța în funcționare a ansamblului.

Utilaje în serie

Noțiunea de utilaj în serie se introduce în legătură cu funcționarea în lanț a mai multor utilaje — oprirea unuia din ele determinînd oprirea celorlalte. În cazul în care ciclurile de reparații ale componentelor lanțului sînt apropiate între ele, s-a propus repararea lor simultană cu reparații de același tip.

În privința „ansamblurilor funcționale auxiliare" acestea sînt dimensionate cu rezervare, astfel încît la oprirea unor utilaje componente, ansamblul să funcționeze; se disting în cadrul lor grupări de utilaje în paralel și serie.

4. Descrierea generală a produsului program realizat; sistemul de calcul; posibilități; restricții; introducerea datelor

Subsistemul de reparații se realizează pentru un minisistem de calcul de tip Independent sau Coral, avînd în configurație disc de masă și bandă magnetică, preconizat a intra în dotarea întreprinderilor de electrocentrale și care prezintă numeroase avantaje: cost redus, cheltuieli minime de exploatare, lucrul în părțile de la terminale, independența de calcul a întreprinderii față de sistemele mari de calcul centralizate.

Aplicațiile sînt monitorizate prin intermediul fișierelor de comenzi și opțiunile de execuție se transmit calculatorului în regim conversațional; mai mult, anumite programe sînt realizate în regim tranzacțional, introducerea modificărilor în fișiere realizîndu-se prin dialogul om-mașină.

Monitorizarea aplicațiilor și executarea lor printr-un sistem conversațional la care modul de comunicare este simplu și indicat prin program, precum și posibilitățile calculatorului de a gestiona lucrul în partiție de la mai multe terminale, conduce la ideea unei noi etape de introducere a tehnicii de calcul — exploatarea aplicațiilor de către însiși utilizatorii din compartimentele funcționale ale unei întreprinderi.

În momentul de față aplicația este dimensionată pentru:

2000 utilaje;

1000 de tipuri de utilaje;

1000 de cauze de incident;

500 utilaje cu urmărire a incidentelor/cauze.

Restricții importante apar în ceea ce privește fișierele de dimensiuni mari, cum este fișierul de tehnologii, în cazul variantei de dotare cu disc de masă văzut cu 8 discuri, avînd fiecare 4800 blocuri de 512 octeți.

Alte dificultăți apar în legătură cu imposibilitatea realizării interfeței cu aplicațiile de gestiune a materialelor, personal-retribuire etc., care sînt realizate în prezent pe sisteme mari de calcul.

În legătură cu introducerea datelor, ținînd seama de necesitatea reducerii consumului de cartele, IE Craiova a adoptat sistemul SCVD — produs program generalizat, elaborat de ICI pentru introducerea datelor de la consolă, validarea și stocarea pe suport magnetic (bandă magnetică), utilizînd un microcalculator de tip FELIX M-18.

5. Concluzii

Realizarea subsistemului de reparații pentru instalațiile tehnologice dintr-o întreprindere de electrocentrale pe minicalculatoare reprezintă o experiență nouă în realizarea sistemelor informatice de conducere a întreprinderilor.

Subsistemul de reparații se referă la o activitate majoră de producție a întreprinderii care angajează resurse materiale și umane importante.

Experiența de exploatare va indica în ce măsură funcțiunile realizate de subsistem în prezent sînt satisfăcătoare pentru conducerea activității de reparații sau pot fi îmbunătățite.

De asemenea, rămîne o problemă deschisă integrarea subsistemului de reparații în sistemul informatic complex al întreprinderii.

Concepția ICEMENERG privind utilizarea microcalculatoarelor M—118 pentru supravegherea și comanda grupurilor termoenergetice

Dr. ing. C. Berbece, ing. I. Lupașcu, ing. A. Păsculescu, tehn. pr. Constantina Berbece*

Ca urmare a colaborării dintre ICEMENERG și Intreprinderea de Calculatoare Electronice—București (ICE) au fost executate prototipurile unei serii unitare de echipamente de calcul de proces destinate supravegherii și conducerii grupurilor termoenergetice. Acestea se bazează pe microcalculatoarele M—118 și sistemul de interfețe SPOT—80, produse de ICE.

Sistemul de calcul de proces este conceput modular și este organizat pe principiul descentralizării funcționale. Subansamblurile de calcul sînt introduse într-un pupitru cu caracter operativ, prevăzut cu display-uri și consolă pentru operator. Utilizarea modulelor mozaic permite organizarea consolei operatorului în funcție de aplicație și aranjarea după dorință a schemei mnemotehnice, a tastelor de apel și a lămpilor de semnalizare.

Sistemul de conducere realizat în ICEMENERG pentru procese din ramura energiei electrice a fost conceput să îndeplinească următoarele cerințe impuse:

— organizare descentralizată și ierarhică a structurilor de conducere;

— utilizarea unor unități de calcul performante, fiabile, ieftine și de mici dimensiuni;

— organizarea afișării informațiilor pe display-uri — cu posibilități de afișare grafice și care să asigure un grad impus de simultaneitate în afișarea informațiilor;

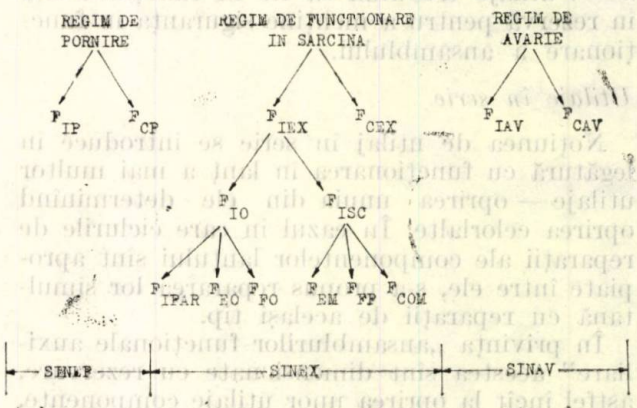
— utilizarea unor console de operator specifice procesului tehnologic, care să nu impună o pregătire specială a operatorilor sau acces serial la informații;

— folosirea unui echipament unitar, cu un număr redus de plachete de tipuri diferite, pentru a se asigura o depanare ușoară și operativă.

1. Structuri generale pentru conducerea numerică a blocurilor energetice

Concepția de organizare descentralizată a structurilor de conducere a blocurilor termoenergetice a fost dezvoltată prin [1], [2], [3], în paralel cu cercetările legate de funcțiile sistemului și algoritmii tehnologici aferenți.

Decompozarea funcțiilor după regimurile de funcționare ale blocurilor, [2], [3], poate fi reprezentată sintetic sub forma:



unde s-a notat:

F_{IP}, F_{IEX}, F_{IAV} — funcția informațională în regim de pornire, exploatare în sarcină și de avarie:

F_{CP}, F_{CEX}, F_{CAV} — funcția de comandă în regim de pornire, exploatare în sarcină și de avarie;

F_{IO} — funcția informațională operativă;

F_{ISC} — funcția informațională statistică și de comunicare;

F_{IPAR} — funcția informațională parametrică;

F_{EO} — funcția economică operativă;

F_{FO} — funcția de fiabilitate operativă;

F_{EM} — funcția economică pe durată medie;

F_{FP} — funcția de fiabilitate preventivă;

F_{COM} — funcția de comunicare;

SINEP — sistem numeric pentru conducerea în regim de pornire;

SINEX — sistem numeric pentru conducerea în regim de exploatare în sarcină;

SINAV — sistem numeric pentru conducerea în regim de avarie.

* Autorii sînt cercetători științifici principali la ICEMENERG

Funcţiile menţionate trebuie să-şi găsească corespondent în următoarele echipamente:

REGIM BLOC	FUNCŢII			
	INFORMAŢIONALE		COMANDA	
PORNIRE	SUBSISTEME NUMERICE			SISTEM NUMERIC
	DIPOR F_{IP}		DIREP F_{CP}	SINEP $F_{IP} + F_{CP}$
EXPLOATARE ÎN SARCINĂ	DIMEC DICREV F_{IO}	DISCO F_{ISC}	DIREN F_{CEX}	SINEX $F_{IEX} + F_{CEX}$
AVARIE	DIAV F_{IAV}		DIRAV F_{CAV}	SINAV $F_{IAV} + F_{CAV}$

În anul 1981 ICEMENERG a început activitatea de realizare a sistemului SINEX, corespunzător cerinţelor impuse de regimul de exploatare în sarcina blocului, urmînd ca, în mod progresiv, pe baza experienţei acumulate să se treacă şi la realizarea sistemelor pentru regimurile de pornire şi de avarie (SINEP şi SINAV).

În continuare, se prezintă echipamentul SINEX-82, echipament conceput special pentru energetică, şi anume pentru blocul de 330 MW funcţionînd pe cărbune (prima aplicaţie: blocul nr. 5 din CTE Rovinari).

Această aplicaţie constituie baza de dezvoltare a unor arhitecturi pentru blocurile de 50 MW, 150 MW şi pentru conducerea dispecerilor de termoficare.

SINEX—82 este un sistem descentralizat funcţional, care realizează, aşa cum s-a menţionat, următoarele funcţii elementare:

$$SINEX = \underbrace{F_{IPAR} + F_{EO} + F_{FO}}_{F_{IO}} + \underbrace{F_{EM} + F_{FP} + F_{COM}}_{F_{ISC}} + F_{CEX}. \quad (1)$$

Dacă se tratează separat funcţia informaţională parametrică pentru informaţii numerice şi pentru informaţii analogice, funcţiile din relaţia (1) se pot atribui la patru subsisteme de conducere care au fost denumite după funcţia cea mai importantă pe care o realizează, şi anume:

DICREV — subsistem numeric pentru urmărirea cronologică a evenimentelor; realizează funcţia de prelucrare a informaţiilor numerice:

$$F^N_{IO} = F^N_{IPAR}; \quad (2)$$

DIMEC — subsistem numeric pentru urmărirea operativă a mersului economic; realizează funcţia informaţională parametrică pentru informaţii analogice, funcţia economică operativă şi funcţia de fiabilitate operativă:

$$F^A_{IO} = F^A_{IPAR} + F_{EO} + F_{FO}; \quad (3)$$

DIREN — subsistem pentru reglarea numerică a parametrilor tehnologici — F_{CEX}; realizează reglarea numerică a variabilelor tehnologice;

DISCO — subsistem pentru supervizarea nivelului de bază, prelucrării statistice şi comunicare cu alte subsisteme şi nivele de conducere — F_{ISC}.

Se poate scrie, deci, simbolic:

$$SINEX = DIRCEV\ (F^N_{IO}) + DIMEC\ (F^A_{IO}) + DIREN(F_{CEX}) + DISCO(F_{ISC}). \quad (4)$$

2. DICREV — Subsistem numeric pentru urmărirea cronologică a evenimentelor

Subsistemul DICREV cuprinde (fig. 1) un microcalculator M—118, amplasat într-un sertar de M18—B, două pînă la şase interfeţe numerice de tip P2 a 128 contacte de intrare fiecare şi o interfaţă numerică de tip P3 pentru comanda lămpilor de semnalizare ale consolei operatorului. Interfeţele de proces sînt cuplate la microcalculator cu ajutorul unei plachete de extensie BUS (EXT.BUS). Consola operatorului conţine taste de comandă care permit afişarea la cerere, pe display, a configuraţiilor de evenimente numerice. O miniimprimantă asigură înregistrarea automată pe hîrtie „prin întreruperi" a tuturor evenimentelor importante ce perturbă buna funcţionare a procesului tehnologic. Tastatura monitoarelor de display a fost înlocuită de o tastatură specializată, ce

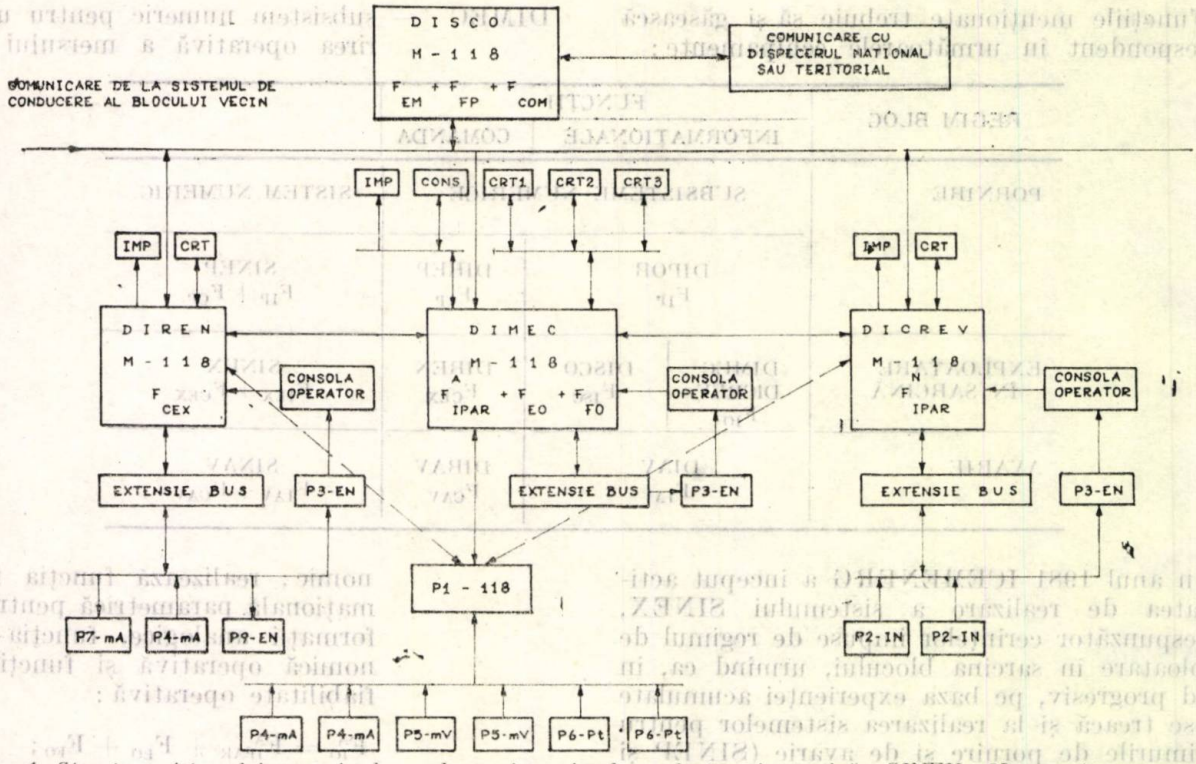


Fig. 1. Structura sistemului numeric de conducere în regim de exploatare în sarcină — SINEX — 82 — pentru un grup energetic de 330 MW, funcționînd pe cărbune.

permite aranjarea pe consola operatorului a tastelor de comandă, în funcție de necesități. În cazul unor depanări sau modificări de programe, tastatura originală se poate recupla, înlocuind, în perioada respectivă, tastatura specializată a consolei operatorului.

Programul realizat este înscris în EPROM-uri, nemaifiind necesară utilizarea unității de floppy-disk.

Subsistemul DICREV, destinat urmăririi cronologice a evenimentelor într-o centrală termoelectrică, ca și celelalte subsisteme ale echipamentului SINEX—82, este prevăzut cu un monitor de timp real de tip RTX+SINEX. Monitorul asigură gestionarea tuturor taskurilor în orice configurație SINEX.

Sistemul de programe aplicative asigură îndeplinirea unor funcții tipizate și poate fi completat sau reconfigurat în conformitate cu particularitățile aplicațiilor.

DICREV, în varianta standard, realizează următoarele funcții de proces:

a) Funcția de înregistrare automată, cronologică, a funcționării protecțiilor tehnologice ale grupului termoenergetic în cazul declanșării unei avarii. Se realizează prin înregistrarea automată pe o miniimprimantă a tuturor contactelor care se modifică în cursul unei avarii, în ordinea apariției lor cronologice.

b) Funcția de afișare la cerere a stării permisiilor de pornire ale agregatelor principale. Se realizează cu ajutorul tastelor de pe consola operatorului care comandă afișarea pe display a stării permisiilor. Există taste dedicate principalelor grupe de agregate tehnologice (exemplu: preîncălzitor de aer regenerativ, ventilator de aer, ventilator de gaze, electropompa de alimentare, turbopompa de alimentare etc.).

c) Funcția de afișare la cerere a stării protecțiilor tehnologice. Un alt grup de taste de comandă de pe consola operatorului permite afișarea la cerere pe display a stărilor la un moment dat a protecțiilor tehnologice grupate în pagini de display, corespunzător următoarelor subsisteme tehnologice: alimentare servicii interne, preîncălzitor de aer regenerativ, ventilator de aer, ventilator de gaze, cazan, mori de cărbune, electropompe de alimentare, turbopompa de alimentare, pompe de condensat.

d) Funcția de evidență a duratei de funcționare a subansamblurilor tehnologice. Se realizează prin contorizarea orară, pe schimb și zilnică, a duratei de funcționare a agregatelor și afișarea rezultatelor pe display cu ajutorul clapelor funcționale.

Subsistemul DICREV a fost pus în funcțiune cu bune rezultate la blocul nr. 5 din CTE Rovinari în noiembrie 1982.

3. DIMEC — Subsistem numeric pentru urmărirea operativă a mersului economic

Subsistemul DIMEC (fig. 1) este realizat cu ajutorul unui microcalculator M—118 introdus într-un sertar de M18—B și a șase module

SPOT—80 cuplate prin intermediul unui modul supervizor P1—118. Legătura între P1—118 și microcalculatorul M—118 este serială. Subsistemul este prevăzut cu trei display-uri pentru afișarea informațiilor, o consolă pentru operator și două miniimprimante. Tastele de apel sînt distribuite pe schema mnemotehnică a procesului de pe consola operatorului, unde se găsesc și led-urile folosite pentru semnalizarea depășirilor limitelor fixate pentru variabilele tehnologice. Echipamentul poate asigura pînă la patru legături seriale sincrone sau asincrone cu echipamentele vecine și cu sistemul ierarhic superior.

DIMEC realizează următoarele funcții:

a) culegerea și prelucrarea primară a datelor — se realizează cu ajutorul modulelor din sistemul de interfețe SPOT—80 și a microsistemului P1—118;

b) afișarea pe cele trei display-uri, a unor scheme tehnologice pe care se actualizează în permanență, cu o periodicitate de 3—5 secunde, variabilele caracteristice ale procesului;

c) înregistrarea automată pe miniimprimantă, a timpului și a valorilor tehnologice la ieșirea și revenirea în limite;

d) calculul valorilor medii ale mărimilor tehnologice, orar, pe schimb și zilnic;

e) calculul și afișarea indicilor de mers economic, orar, pe schimb și zilnic;

f) înregistrarea automată pe miniimprimantă a jurnalelor de exploatare, cuprinzînd valori instantanee, valori medii ale variabilelor tehnologice și indicii economici de funcționare;

g) calculul, afișarea și înregistrarea valorilor de fiabilitate operativă;

h) calculul și înregistrarea automată a energiei nelivrate datorită nefuncționării unor agregate.

Subsistemul DIMEC este realizat sub forma a trei pupitre-operator modulare și o consolă pentru operator, formată tot din trei module independente, ce întregesc schema mnemotehnică a instalației tehnologice.

Consola operatorului permite:

— apelarea imaginilor pe display-uri cu valori actualizate ale mărimilor tehnologice prin apăsarea cu confirmare a tastelor ce se află distribuite pe schemă;

— apelarea pe display-uri a tuturor informațiilor calculate prin apăsarea clapelor funcționale ale acestora;

— comanda lămpilor de semnalizare în cazul depășirii limitelor admise pentru variabilele analogice și pentru indicatorii de fiabilitate operativă calculați.

4. DIREN — Subsistem pentru reglarea numerică a parametrilor tehnologici

Subsistemul DIREN (fig. 1) folosește tot un microcalculator M—118 și este dimensionat pentru a asigura reglarea numerică a 40 variabile tehnologice, după scheme ale reglării convenționale transpuse în varianta discretizată. Urmează ca după o perioadă de experimentări și puneri la punct să se asigure și programe pentru conducerea procesului cu modele multivariabile.

Consola operatorului (fig. 2), concepută pentru blocurile de 330 MW, funcționînd pe căr-

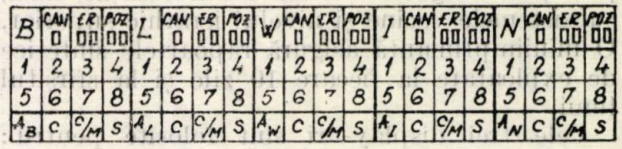


Fig. 2. Consola de operator pentru subsistemul de reglare numerică — DIREN.

bune, este prevăzută cu cinci blocuri numerice de reglare pentru combustibil (B), aer (L),apa de alimentare (W), injecții (I) și sarcina (N).

Fiecare bloc are posibilitatea reglării independente a opt variabile tehnologice, pentru care se poate afișa pe consolă numărul canalului, eroarea între valoarea variabilei reglate și valoarea de consemn, precum și poziția organului de execuție. Fiecare bloc de reglare, în afara selectării canalului dorit, mai are posibilitatea de trecere, fără șocuri, de pe „manual" pe „calculator" și invers, iar în poziția „manual" de a comanda fiecare element de execuție la „crește" și la „scade".

Acționarea tastelor de comandă ale blocului devine activă numai în cazul în care se apasă și tasta de adresă a acestuia.

Prezentăm, în continuare, un exemplu de utilizare a unui bloc de reglare.

Blocul de reglare numerică cu opt canale și indicativul „I" se folosește pentru reglarea numerică a celor șase temperaturi de abur primar și secundar de la grupul de 330 MW.

La apelul tastei cu indicativul buclei de reglare dorite, în afara informațiilor privitoare la numărul canalului, a erorii de reglare și a poziției organului de execuție, pe display-ul subsistemului DIREN apare automat schema structurală a buclei de reglare, pe care se actualizează la fiecare scanare a parametrilor tehnologici, valoarea temperaturii reglate, valoarea de consemn stabilită, temperatura aburului după injecție, debitul apei de injecție și se repetă poziția organului de execuție.

Pe această imagine (fig. 3) mai pot fi notate și alte informații privitoare la bucla de reglare

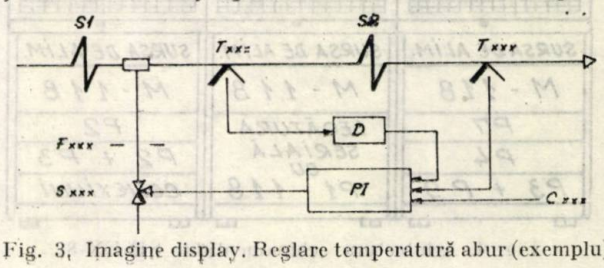


Fig. 3. Imagine display. Reglare temperatură abur (exemplu).

respectivă și utile operatorului (exemplu : valorile de acordare).

5. DISCO — Subsistem pentru supervizare, prelucrări statistice și comunicare

Subsistemul DISCO (fig. 1) asigură afișarea informațiilor pe trei display-uri și comunicarea prin patru legături seriale cu nivelul de bază, subsistemele vecine și nivelul ierarhic superior. O miniimprimantă asigură rapoartele sintetice de exploatare la fiecare 10 zile și la sfîrșitul lunii.

Cele trei display-uri sînt folosite pentru:

— informarea șefului de secție;

— informarea inginerului de serviciu la camera de comandă electrică;

— informarea directorului tehnic.

Corespunzător celor trei utilizatori, există trei module distincte ale consolei operatorului. Fiecare nivel de conducere primește informațiile sintetice privitoare la încărcarea și condițiile de exploatare ale grupurilor energetice.

Subsistemul realizează, de asemenea, calculul funcției economice pe durata medie a funcției de fiabilitate preventivă și asigură comunicarea cu celelalte sisteme:

$$F_{ISC} = F_{EM} + F_{FP} + F_{COM}. \qquad (5)$$

6. Arhitectura sistemului SINEX — 82

Un schimb minim de informații între cele trei subsisteme, DICREV, DIMEC, DIREN, creează posibilitatea realizării ansamblului de funcții prevăzute pentru SINEX-82 în condiții de siguranță sporită, datorită multiplelor legături seriale ale structurii (fig. 1). Întregul sistem funcționează cu o bază de timp unică, luată de la unul din subsisteme, care se transmite la celelalte ca un ceas extern.

Din punct de vedere arhitectural, echipamentul electronic se montează în dulapuri operative pentru sertare de 19", în care sînt înglobate elementele de afișare pe tub catodic și consola operatorului. Consola sistemului SINEX—82 cuprinde trei module independente, care alăturate întregesc într-o structură mozaicată schema mnemotehnică a instalației

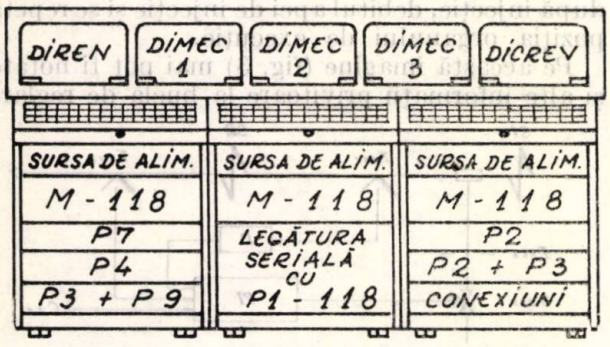


Fig. 4. Arhitectura echipamentului SINEX-82.

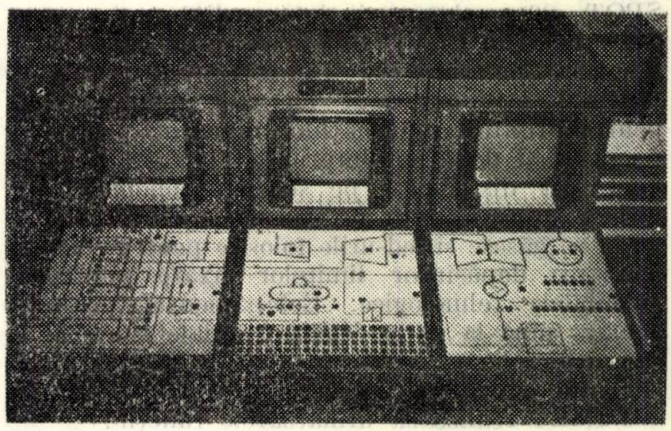


Fig. 5 a

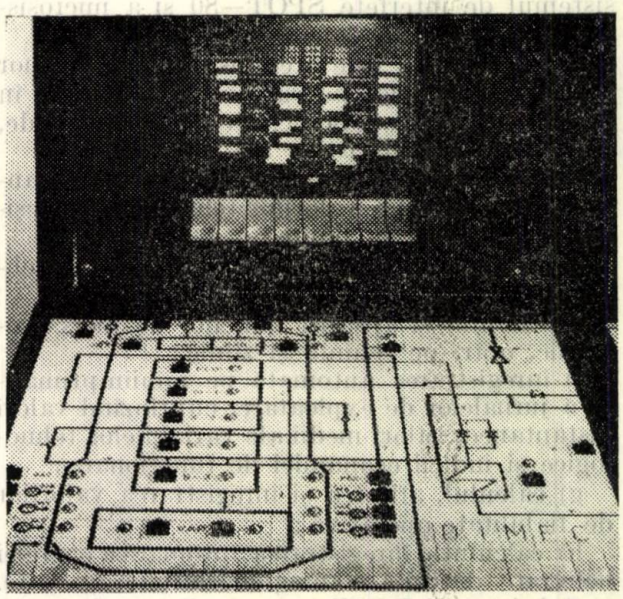


Fig. 5 b

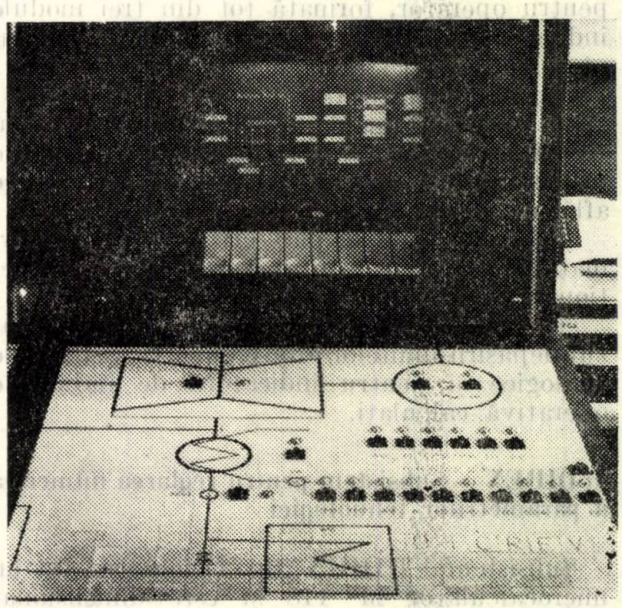


Fig. 5 c

tehnologice pe care sînt distribuite tastele de comandă ale subsistemului DIMEC, tastatura consolei de proces a subsistemului DICREV și cele cinci blocuri ale tastaturii subsistemului DIREN. Pe fiecare modul al consolei operatorului se află cîte o tastă de confirmare a comenzilor ce se pot da de către operator, fără de care orice altă comandă nu este luată în considerare de sistem. În varianta standard se folosește o arhitectură cu cinci display-uri și trei dulapuri de dimensiuni reduse ce cuprind echipamentul de calcul (fig. 4).

Din cauza dimensiunilor ecranelor de 31 cm, operatorul trebuie să se afle la o distanță de pînă la 2—3 m de pupitru. Sistemul SINEX—82 poate fi livrat și cu monitoare TEHNOTON, cu diagonala de 44 cm, care asigură o bună definiție și stabilitate a imaginilor. În acest caz operatorul poate urmări imaginile ecranelor și de la o distanță de 4—5 m, ceea ce îi permite o mai mare mobilitate. Un alt avantaj important al soluției cu monitoare TEHNOTON este faptul că se pot transmite imaginile corect, prin cablu coaxial, pînă la distanța de 200 m. Echipamentul capătă în acest fel posibilități mult mai elastice de amplasare, ceea ce este deosebit de important, mai ales în cazul introducerii acestuia la centrale cu grupuri în funcțiune, la care se poate face o încadrare ergonomică în camera de comandă existentă numai a consolei operatorului și a displayurilor. Restul echipamentului de calcul se poate amplasa în funcție de posibilitățile existente în limita distanței de pînă la 200 m.

În figurile 5 a, b, c, este prezentat aspectul general al echipamentului cu display-urile și consola operatorului, aferente sistemului SINEX—82.

Bibliografie

[1] Constantin Berbece și colectiv: *Structuri cu fiabilitate ridicată pentru sisteme de calcul destinate conducerii proceselor energetice.* Lucrări ICEMENERG — 1978—1980.

[2] Constantin Berbece: *Calculatoare de proces utilizate în conducerea blocurilor termoenergetice. Creșterea fiabilității în funcționare.* Teza de doctorat — 1979.

[3] Constantin Berbece și colectiv: *Implementarea unui sistem de calcul pentru : urmărirea mersului economic, urmărirea cronologică a evenimentelor și reglarea numerică multiparametrică la un grup de 330 MW, funcționînd pe cărbune — blocul nr. 5 — CTE Rovinari.* Lucrări ICEMENERG — 1981—1983.

Cuprinsul revistei Energetica pe anul 1983

I. ARTICOLE

Energetică generală, energetică industrială și economia de energie

1. C. Gr. Ionescu : Recuperarea căldurii cu hote ecranate la unele cuptoare industriale, nr. 3. p. 111 — 117.
2. E. Costin : Modalități de cointeresare a marilor consumatori în reducerea puterii absorbite la vîrful de sarcină al SEN, nr. 5, p. 209 — 217.
3. Fl. Ciurel, I. D. Suceveanu, E. Covar, M. Smilovici, A. Nicolae : Economia de energie electrică — preocupare permanentă a proiectanților din industria chimică, nr. 5, p. 217 — 224.
4. Tr. — G. Ionescu : Stabilirea pe bază de măsurători a consumurilor de putere și de energie electrică și a indicatorilor specifici graficelor de sarcină a consumatorilor casnici din mediul urban, nr. 6, p. 257 — 261.
5. O. Țuțuianu : Aspecte privind acumularea căldurii sub formă de apă fierbinte în instalațiile de producere a energiei electrice și termice, nr. 7 — 8, p. 305 — 310.
6. I. D. Suceveanu : Separarea automată de SEN a sistemelor uzinale cu CET propriu din industria chimică, nr. 7 — 8, p. 310 — 317.
7. C. Buzatu : Optimizarea parametrilor regimului de așchiere la prelucrările prin strunjire, din punctul de vedere al consumului minim de energie electrică, nr. 9, p. 379 — 384.
8. N. Bordeianu, Christiana Bărbulescu, Valentina Moșteanu : Influența variației condițiilor meteorologice asupra consumului de energie electrică în România, nr. 10, p. 427—431.
9. G. Hercz : Repartizarea operativă a costurilor la producerea cuplată a energiei electrice și termice, nr. 11, p. 500—511.

Reducerea consumurilor specifice de combustibil și de energie electrică în centralele electrice

1. C. Glava, Șt. Răgălie : Considerente tehnico-economice privind economicitatea exploatării cuptoarelor industriale încălzite cu arzătoare autorecuperatoare, nr. 3, p. 117 — 121.
2. Gh. Chercea, A. Roșu, G. Poenaru : Insuflarea aerului terțiar în pîlnia rece procedeu de micșorare a pierderilor de căldură la cazanele de abur pe lignit, nr. 7 — 8, p. 318 — 323.
3. Vl. Nicu : Influențe ale turbopompei de alimentare asupra consumului de căldură al ciclului termic, nr. 7 — 8, p. 410 — 412.
4. Th. Bodu, R. Popescu, A. Roșu : Recuperarea zgurii cazanelor de abur în vederea rearderii, nr. 10, p. 432—435.

Reducerea și eliminarea consumurilor de hidrocarburi

1. C. C. Neaga : Mărirea stabilității arderii prafului de lignit din bazinul Olteniei, pregătit în instalație cu insuflare directă cu ajutorul concentratorului de praf, nr. 1, p. 5—11.
2. L. Mihăescu : Corelații între elementele geometrice ale unui arzător de praf de cărbune de tip fantă și parametrii dinamici și termici ai jeturilor, nr. 3, p. 122 — 133.
3. Al. Selischi, C. Mucichescu : Stabilitatea dinamică a generatoarelor sincrone cu luarea în considerare a efectului motoarelor serviciilor interne, nr. 3, p. 134 — 137.
4. V. V. Ghia : Arderea directă a combustibililor pentru preîncălzirea la temperaturi înalte a oxidantului necesar camerelor de ardere M.H.D., nr. 4, p. 166 — 176.
5. Gh. Chercea, M. Rădulescu, A. Roșu : Reducerea pierderilor de căldură prin ardere mecanic incompletă la cazanele de abur funcționînd cu lignit, nr. 5, p. 229 — — 234.
6. V. Vulcu ș.a. : Cercetări asupra gazeificării combustibililor inferiori (șisturi bituminoase, ligniți) și a reziduurilor de la preparațiile de huilă, nr. 6, p. 262 — 280.
7. I. Nicolau : Îmbunătățiri la instalația de ulei a turbinelor cu abur de 3 ... 12 MW, nr. 9, p. 384 — 386.
8. Gh. Chercea, A. Roșu, I. Dănilă : Grătarul de postardere basculant — soluție eficientă pentru mărirea randamentului cazanelor de abur care funcționează cu lignit, nr. 9, p. 386 — 394.
9. A. Drăguța : Noi orientări în concepția gospodăriilor de cărbune aferente termocentralelor din R.S.R., nr. 10, p. 435—438.
10. C. Cazacu, D. Bicleșeanu, I. Ghetel, M. Rădulescu A. Roșu, Gh. Ioniță : Tehnologii îmbunătățite de ardere a lignitilor din bazinul Oltenia. Soluții pentru cazanul de 1035 t/h, nr. 11, p. 475—481.

Creșterea siguranței în funcționare a sistemului energetic și a elementelor acestuia

1. M. Nemeș, I. Besoiu, C. Ivașcu : Optimizarea rezistenței de limitare în rețelele cu neutrul tratat prin rezistor, nr. 1, p. 11 — 16.
2. B. Máthé : Modificarea spectrului de frecvențe proprii ale bobinelor, datorită defectului în izolația longitudinală, nr. 1, p. 16 — 19.
3. E. Putnoky : Evenimentele produse în instalațiile IRE Timișoara ca urmare a furtunii din 26 iunie 1982, nr. 1, p. 20 — 26.
4. M. Pomârleanu, Lia Bejuscu : Elemente de calcul pentru reglajul protecției contra mersului în asincron al generatoarelor, nr. 2, p. 57 — 64.
5. H. Cristea : Modele matematice adoptate în calculul stabilității SEN pentru regulatoarele de viteză mecanohidraulice la turbine, nr. 2, p. 65 — 67.
6. L. Canciu, N. Oprișiu, V. Dobre : Calcule de pornire și autopornire în rețeaua serviciilor interne ale centralelor termoelectrice, nr. 2, p. 68 — 71.
7. E. Cocoș, H. Mărieș, M. Popescu : Considerații privind posibilitățile de utilizare combinată a filtrelor trece-sus și trece-bandă în tratarea armonicelor superioare, nr. 4, p. 176 — 182.
8. M. Popescu, Fl. Popescu : Calitatea energiei electrice livrate. Indici de calitate a tensiunii electrice în prezența regimului deformant, nr. 4, p. 182 — 184.
9. E. Covar : Considerații privind protecția maximală de, curent temporizată cu blocaj de tensiune minimă, nr. 4. p. 189 — 196.
10. D. Cristescu, Marilena Ungureanu, P. Postolache, Gh. Măgureanu : Aspecte privind comportarea LEA de 400 kV dublu circuit cu trei conductoare pe fază din punctul de vedere al descărcării corona, nr. 5, p. 235 — 238.
11. D. Zlatanovici, Gh. Bălan, F. Engster : Izolație termorigidă românească pentru mașinile electrice de înaltă tensiune din SEN — performanțe și comportare în exploatare, nr. 5, p. 238 — 242.
12. D. Zlatanovici : Studiul experimental al cîmpului magnetic și termic pe un model electromagnetic de dinte trapezoidal, nr. 6, p. 281 — 284.
13. C. Moldoveanu : Erori posibile de apreciere prin metoda variației impedanței de scurtcircuit, a stării transformatoarelor de putere după solicitări la scurtcircuit, nr. 6, p. 289 — 295.
14. N. Armencoiu, M. Stein, Gh. Vâlcereanu : Contribuții la perfecționarea criteriilor de dimensionare a rezervei de putere pentru avarii în sistemele electroenergetice, nr. 7 — 8, p. 324 — 334.
15. C. Moldoveanu, V. Mănițiu : Considerații privind defectoscopia prin metoda impulsurilor de joasă tensiune și metoda analizei răspunsului în frecvență la transformatoarele de putere după solicitări la scurtcircuit în laborator sau în sistem, nr. 7 — 8, p. 334 — 341.
16. H. Cristea : Identificarea experimentală a modelelor SRAV la turbinele K—125—141, nr. 7 — 8, p. 342 — 345.

17. H. Cristea, Liana Bilegan: Identificarea modelului sistemului de reglare automată a excitației din răspunsul indicial, nr. 9, p. 395 — 399.
18. D. Zlatanovici: Metodă experimentală directă pentru determinarea solicitărilor termice și magnetice în dintele frontal statoric la generatoarele aflate în exploatare, nr. 9, p. 412 — 417.
19. L. Lup: Participarea centralelor electrice din zonele excedentare la acoperirea sarcinilor din zonele deficitare, ținînd seama de capacitatea de transport a liniilor electrice, nr. 10, p. 438—443.
20. H. Cristea, T. L. Dragomir, Al. Tătaru, Șt. Preitl, I. Fecioru, P. Mătăsariu, Șt. Kilyeni: Modelarea sistemului de reglare automată a excitației (SRAE) aferent grupurilor din centrala Porțile de Fier 1. Partea I: Structura SRAE, nr. 10, p. 444—448.
21. Tr. — G. Ionescu, Georgeta Cotmeana: Metodologie privind calculul indicatorilor de fiabilitate la produsele metrologice, pe baza datelor din exploatare, nr. 10, p. 449—455.
22. T. L. Dragomir, Șt. Preitl, Șt. Kilyeni: Modelarea sistemului automat de reglare a excitației (SRAE), aferent grupurilor din centrala Porțile de Fier. 1. Partea a II-a: Modelul matematic intrare-stare-ieșire, nr. 11, p. 481—488.
23. A. Cristovici, Anca Popescu: Probleme ridicate de folosirea reanclanșării automate monofazate la liniile de foarte înaltă tensiune, nr. 11, p. 489—495.
24. C. Brătianu, D. Popescu: Rezolvarea ecuațiilor transcendente și criteriale folosite în termoenergetică cu ajutorul metodelor numerice iterative (I), nr. 11, p. 496—500.

Surse noi și reînnoibile și tehnologii noi în energetică

1. M. V. Stoica: Optimizarea bicriterială a proceselor de conversie ciclică a energiei, nr. 1, p. 27 — 35.
2. C. I. Staicu, C. Bilegan, Al. Mihăilă, Adriana Predica: Stocarea termică sezonieră, nr. 1, p. 35 — 39.
3. E. Pavel: Analiza comparativă a agenților termodinamici folosiți la recuperarea pierderilor de căldură cu potențial scăzut, din procese industriale, nr. 5, p. 224 — 229.
4. E. Pavel: Stabilirea unor criterii obiective pentru evaluarea temperaturii ambiante necesare ființei omenești, nr. 6, p. 285 — 288.
5. Gh. Voicu, Cr. Țânțăreanu, V. Vlad, M. Tudor: Opțiuni și perspective ale utilizării forței vîntului în scopul producerii energiei electrice, nr. 7 — 8, p. 345 — 356.

Protecția mediului înconjurător și a instalațiilor energetice

1. Viorica Neațu, Lileta Gherghel: Metodă de stabilire a preciziei de prelevare a probelor de cărbune cu prelevatoarele automate amplasate pe benzile de transportoare, în scopul determinării unor caracteristici energetice reale, nr. 2, p. 71 — 75.

Valorificarea potențialului hidroenergetic al țării

1. D. Tatu, M. Mangu: Betoane pentru lucrări hidrotehnice puse în operă prin pompaj, nr. 1, p. 40 — 43.
2. E. Mârzan: Considerente privind eforturile radiale datorate dezechilibrului electromagnetic cu hidrogeneratoarele de pe Olt și soluții privind consolidarea suplimentară a lagărelor radiale, nr. 3, p. 138 — 145.
3. Gh. Opriș: Evoluția concepției de echipare a centralelor hidroelectrice de mare cădere din România, nr. 5, p. 243 — 245.
4. A. Nabijovici: Sisteme de răcire uscată și sisteme combinate de răcire aplicate în centralele termoelectrice, nr. 9, p. 400 — 409.

Informatică

1. N. Chirculescu: A II-a consfătuire de lucru „Informatica în energetică" Bușteni, 26 — 27 mai 1983, nr. 12, p. 525—529.
2. N. Armencoiu, N. Chirculescu, M. Ursu, T. Ene: Informatica în unitățile Ministerului Energiei Electrice, nr. 12, p. 529—534.
3. G. Grigoriu, M. Ursu: Conceptul sistemului informatic al ramurii energiei electrice și termice — SIREET nr. 12, p. 534—539.
4. Sanda Felea, Magdalena Cuciureanu, Al. Emanoil, Em. Luca, D. Teodorescu, Fulga Ștefănescu: Baza de date tehnico-economice la nivel de centrală industrială. Concepția sistemului TECOR realizat. Perspective de evoluție și dezvoltare, nr. 12 p. 539—545.
5. Al. Emanoil, Margareta Pascu, Z. Frățilă, Cornelia Novak, Ștefana Constantin: Cerințe și rezultate privind implementarea sistemului informatic URMECO (pentru analiza și urmărirea funcționării economice a termocentralelor), nr. 12, p. 546—548.
6. C. Buzea, Marioara Itoafă, R. Teacă, Mihaela Onulescu, Elena Danilescu, Magda Scorțea: Software pentru sistemul de interfețe industriale utilizat în conducerea blocurilor energetice de 50 MW, nr. 12, p. 549—550.
7. Adriana Armencoiu, V. Neagu, Marioara Itoafă: Introducerea reglajului secundar U — Q în sistemul energetic național, utilizînd calculatoare de proces, nr. 12, p. 550—554.
8. S. Ionescu, I. Petcu, R. Popescu, C. Cereșanu, D. Săndulescu: Concepția sistemului teleinformatic pentru conducerea operativă a hidrocentralelor din bazinul Olt mijlociu, nr. 12, p. 554—556.
9. L. Lefter, Al. Burciu, I. Toma, I. Mihai, I. Finkelstein, D. Sarba, E. Maurer, V. Cristea: Proiectarea asistată de calculator în I.S.P.H. Exemple și considerații, nr. 12, p. 557—562.
10. A. Constantinescu: Calculul seismic al barajelor din anrocamente cu ajutorul calculatorului electronic, nr. 12, p. 563—564.
11. B. Ungureanu, Anastasia Marinescu, I. Coman, Elena Constantin, Carmen Buhăceanu, D. Dănăriciu, I. Irimia: Subsistemul informatic de reparații pentru utilajele tehnologice dintr-o întreprindere de electrocentrale, nr. 12, p. 565—567.
12. C. Berbece, I. Lupașcu, A. Păsculescu, Constantina Berbece: Concepția utilizării microcalculatoarelor M-118 pentru supravegherea și comanda grupurilor termoenergetice, nr. 12, p. 568—573.

SCHIMB DE EXPERIENȚĂ IN EXPLOATARE

1. R. Sfichi, Ol. Reziuc, S. Blumenfeld, D. Moruz: Asupra posibilităților de reducere a consumurilor energetice și de valorificare superioară a resurselor energetice secundare din sectoarele de exploatare și industrializare a lemnului cu referire la IFET Suceava, nr. 2, p. 75 — 80.
2. R. Sfichi, V. Cefranov, I. Prelipcean, V. Velehorschi: Bilanțul energiei electrice în rețelele IRE Suceava. Concluzii și propuneri, nr. 3, p. 145 — 149.
3. C. Adăscăliței: Rezultate obținute și măsuri de perspectivă privind reducerea consumului de energie electrică la întreprinderile din ramura industriei constructoare de mașini, nr. 4, p. 197 — 198.
4. D. Purcaru: Aspecte tehnico-economice privind folosirea fundațiilor prefabricate la construcția LEA de joasă tensiune, nr. 5, p. 246.

CRONICĂ

1. C. Radu: Simpozionul național al rețelelor electrice — Craiova, 1982, nr. 1, p. 45 — 46.
2. Șt. Kileyni: Conferința națională de electrotehnică și electroenergetică — CNEE'82, nr. 2, p. 85—92.
3. C. Moțiu, Eleonora Ataman: A IV-a consfătuire de lucru „Influențe reciproce între instalațiile energetice și mediul înconjurător", nr 2, p. 92 — 94

4. R. Sfichi : A V-a sesiune de comunicări tehnico-științifice „Producerea, transportul, distribuția și utilizarea rațională a energiei" — IRE Suceava — 1982, nr. 2, p. 94 — 99.
5. C. I. Staicu : Sesiune omagială de comunicări științifice cu tema „18 ani de cercetare științifică și introducere a progresului tehnic în energetică" — ICCE-22 ianuarie 1983, nr. 3, p. 109 — 110.
6. Gh. Zet : Simpozionul național privind surse neconvenționale de energie — Iași — 29 — 30 octombrie, 1982, nr. 3, p. 151 — 152.
7. Ilie Vlad : Primul simpozion național pentru utilizarea energiei vîntului — Brașov — 26 — 27 noiembrie 1982, nr. 3, p. 152 — 154.
8. G. Brătianu : Sesiunea de comunicări științifice „Independența energetică a României", nr. 4, p. 201 — 204.
9. Al. Mihăilă. C. I. Staicu : A III-a consfătuire anuală privind stocarea energiei termice, nr. 5, p. 249 — 251.
10. R. Sfichi : A V-a consfătuire a energeticienilor din județele Suceava și Botoșani, nr. 7 — 8, p. 362 — 363.
11. C. Mihăileanu : Consfătuire de lucru : Probleme legate de funcționarea în condiții de deficit de putere și frecvență scăzută" — București, 1983, nr. 7 — 8, p. 364 — 366.
12. Gh. Bălan, V. Onu : Simpozionul CIEST'83 — Como 16 iunie — Milano 17 iunie 1983, nr. 9, p. 419 — 421.
13. C. Văideanu : Consfătuire de lucru cu tema „Valorificarea creațiilor științifice și tehnice de vîrf în ramura energiei electrice și termice", nr. 10, p. 456—457.
14. Persida Iancovici : Al VII-lea simpozion „Siguranța în funcționare a instalațiilor energetice", nr. 10, p. 457—460

PUNCTE DE VEDERE

1. V. Nogali, I. Știrbulescu : Aspecte privind extinderea utilizărilor de substituție ale energiei electrice, nr. 7 — 8, p. 356 — 358.

DIN ISTORIA ELECTRIFICĂRII

1. Gh. Maglaviceanu, E. Putnoky : Iluminatul public al străzilor din Timișoara în pragul centenarului, nr. 11, p. 513.
2. Al. Seceleanu : 10 ani de la punerea în funcțiune a primei rețele de distribuție, de joasă tensiune, cu conductoare izolate răsucite, nr. 11. p. 514—515.

DIVERSE

1. C. Mihăileanu : Reuniunea Consiliului Executiv Internațional al Conferinței Mondiale a Energiei, Sevilla, 1982, nr. 2, p. 84—85.
2. C. Mihăileanu : 30 de ani de la apariția revistei „Energetica", nr. 4, p. 161 — 164.
3. P. Cartianu : Cele dintîi periodice din România, nr. 4, p. 164 — 165.
4. Elena Teacă, T. Cîrstea : Oamenii de știință și pacea. De la „Această stranie materie" la „Pledoarie pentru viață", nr. 6, p. 298 — 299.
5. N. Diaconescu : Centenar Dimitrie Leonida, nr. 7 — 8, p. 367 — 368.

Abonaţi-vă la

Revista ENERGETICA!

Citind cu regularitate revista ENERGETICA veţi fi bine informaţi, în principal asupra activităţii din domeniul energetic din ţara noastră precum şi din alte ţări.

Revista ENERGETICA vă informează asupra problemelor de: energetică generală, energetică industrială, economie de energie, reducere a consumurilor specifice de combustibil şi de energie electrică în centralele electrice, reducere şi eliminare a consumului de hidrocarburi, reducere a consumurilor tehnologice în reţelele electrice, creştere a siguranţei în funcţionarea sistemului energetic şi a elementelor acestuia, extindere şi creştere a eficienţei termoficării, creştere a productivităţii muncii, valorificare a resurselor hidraulice, protecţie a mediului înconjurător şi a instalaţiilor energetice, surse noi, reînnoibile şi noi tehnologii în energetică.

Revista ENERGETICA urmăreşte, de asemenea, informarea specialiştilor din domeniul energetic asupra: problemelor rezultate din documentele de partid şi de stat, noutăţilor tehnice din ţară şi din străinătate, realizărilor deosebite din sectorul energetic şi în principal a celor care pot fi extinse sau generalizate etc.

*

Totodată, colaborînd la revista ENERGETICA participaţi la schimbul de idei şi de experienţă, contribuind nemijlocit la progresul tehnic al energeticii româneşti

. . . . . .

CERERE DE ABONAMENT LA REVISTA ENERGETICA

Intreprinderea

. . . . . COD SIRUES . . . . . .

Subsemnatul

din localitatea . . . . . .str. . . . . .nr. . . . bl. . . .

sc. . . . . .et . . . .ap. . . .sect. . . . . .cod poştal . . .telefon . . . .

. . . . . .judeţul . . . . . .solicit . . . . . abonamente care va (vor) fi expediat(e) la adresa de mai sus.

C/v abonamentelor (lei 144 un abonament) de lei . . . . . .am achitat-o în contul ICEMENERG 30.11.8.01.01., BN RSR fil. 3, Bucureşti, cod 74568, prin m.p.nr. . . . . .

din . . . . . .sau la casieria ICEMENERG REDACŢIEI cu chitanţa nr. . . . . .

din . . . . . .

Data . . . . . .

Semnătura

. . . . . .

Colectivul redacției revistei

ENERGETICA

urează cititorilor și colaboratorilor săi

succese deosebite în activitate

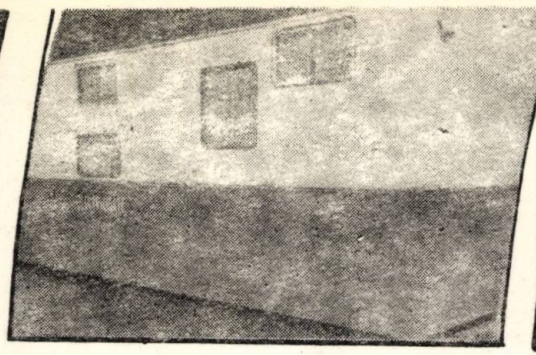
și realizarea tuturor dorințelor.

La

mulți

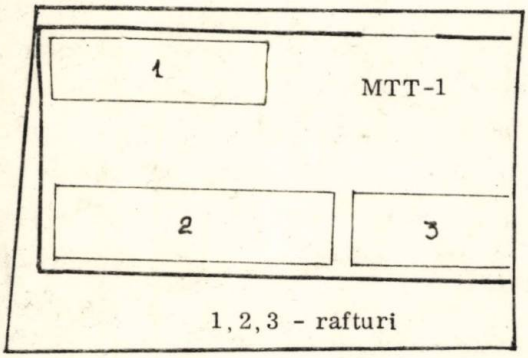
ani

1984!

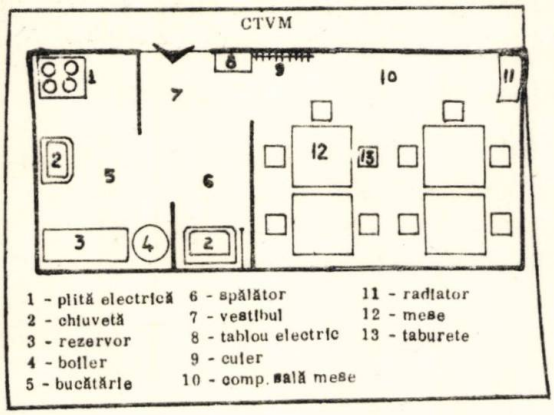


CIRE-URTAE-ROMAN

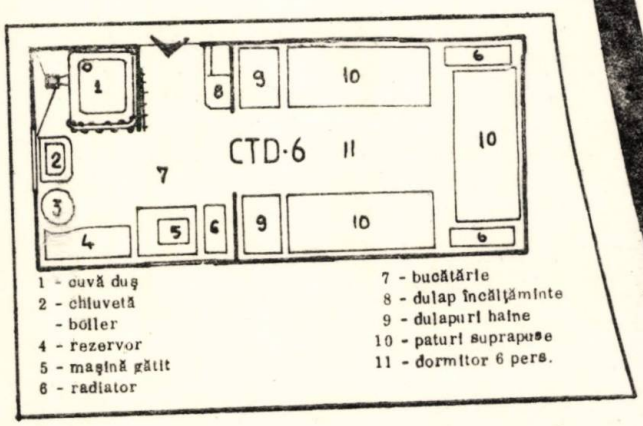
UZINA DE REPARAT TRANSFORMATOARE SI APARATAJ ELECTRIC - ROMAN



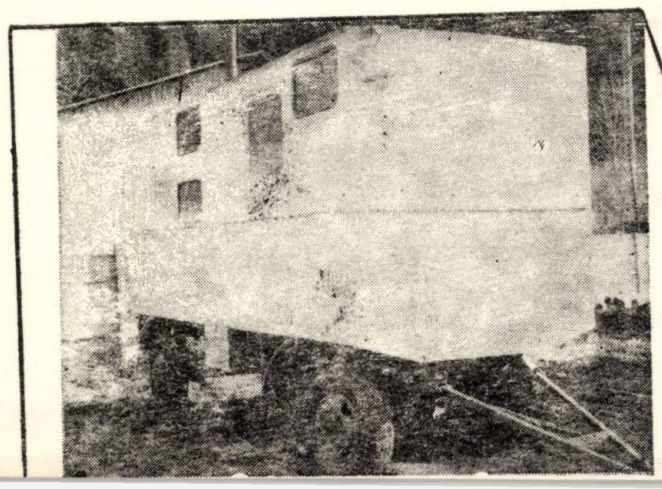
1, 2, 3 - rafturi



1 - plită electrică
2 - chiuvetă
3 - rezervor
4 - boiler
5 - bucătărie
6 - spălător
7 - vestibul
8 - tablou electric
9 - cuier
10 - comp. sală mese
11 - radiator
12 - mese
13 - taburete



1 - cuvă duș
2 - chiuvetă
- boiler
4 - rezervor
5 - mașină gătit
6 - radiator
7 - bucătărie
8 - dulap încălțăminte
9 - dulapuri haine
10 - paturi suprapuse
11 - dormitor 6 pers.



Execută :

- Magazii transcontainer transportabile tip MTT-1 destinate păstrării materialelor şi pieselor necesare desfăşurării unor lucrări în locuri şi pe trasee izolate de aşezările omeneşti.
- Căsuţe transcontainer dormitor de şase persoane tip CTD-6 ; căsuţe transcontainer vestiar-sală de mese tip CTVM, înzestrate cu instalaţii de alimentare cu apă potabilă şi de încălzire a apei potabile şi a spaţiului utilizabil, cu instalaţii de ventilaţie naturală şi de iluminat la 12 V şi de forţă la 220 V.

x
x x

Căsuţele transcontainer tip CTD-6, CTVM şi MTT-1 se manipulează cu automacaraua sau alt mijloc de ridicat şi sînt transportabile pe platforma mijloacelor de transport rutiere, a vagoanelor CFR sau pe nave fluviale şi maritime.

x
x x

Comenzile se trimit pe adresa :

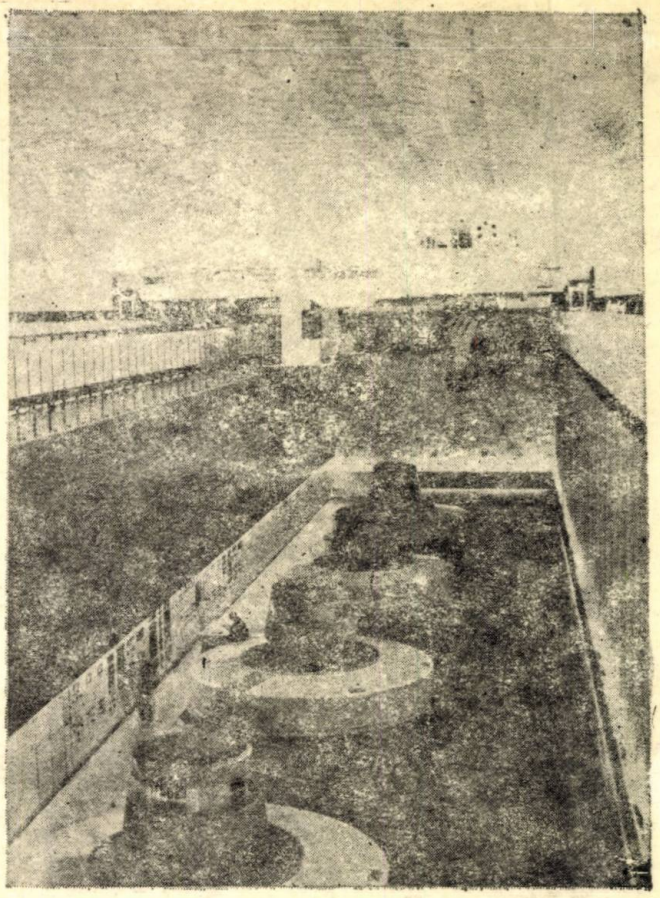
Uzina de Reparat Transformatoare şi Aparataj Electric - Roman, str. Uzinei de ţevi nr. 2, cod 5550, jud. Neamţ. Telex 21244 ; tel. 12539, 12350, 13935.

I.S.P.H.

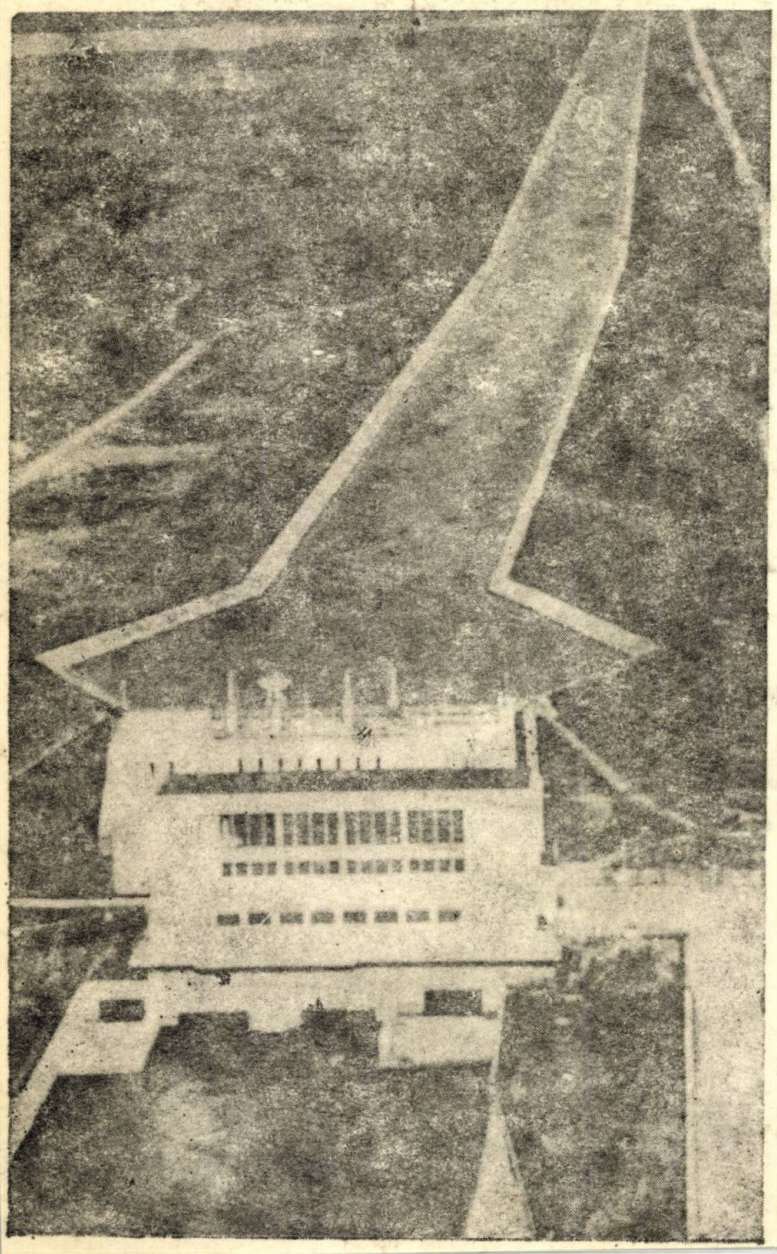
INSTITUTUL DE STUDII ŞI PROIECTĂRI HIDROENERGETICE

h

1984 MAJ 10



ISPH-Designing Institute with complex profile offers :



RIVER BASIN DEVELOPMENT STUDIES

- hydroelectric developments
- multipurpose hydraulic developments
- special hydraulic structures

SPECIAL ACTIVITIES

- hydrological and hydrogeological studies
- engineering-geological investigations
- geotechnical and geophysical explorations, soil and rock mechanic investigations
- topographical surveys and mapping

SPECIAL SERVICES

- preliminary studies and designs
- feasibility studies
- final designs
- detailed construction drawings
- tender documents and contracts
- inspection and supervision
- expert's reports

29, Republicii Blvd., 79669 Bucharest,
Romania,
Phone 147270, Telex 11-443 i.s.p.h.r.